



TUGAS AKHIR - RE 184804

# **ANALISIS PENINGKATAN KEBUTUHAN AIR MINUM AKIBAT PERTUMBUHAN GEDUNG *HIGH-RISE* DI SURABAYA TIMUR TERHADAP JARINGAN DISTRIBUSI PDAM SURABAYA**

ANDRE RHEMI RIHENDY  
03211440000098

Dosen Pembimbing  
Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019





**TUGAS AKHIR - RE 184804**

**ANALISIS PENINGKATAN KEBUTUHAN AIR  
MINUM AKIBAT PERTUMBUHAN GEDUNG *HIGH-  
RISE* DI SURABAYA TIMUR TERHADAP JARINGAN  
DISTRIBUSI PDAM SURABAYA**

**ANDRE RHEMI RIHENDY  
03211440000098**

Dosen Pembimbing  
Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019







**FINAL PROJECT - RE 184804**

**ANALYSIS OF INCREASING CLEAN WATER  
DEMAND DUE TO THE DEVELOPMENT OF HIGH-  
RISE BUILDINGS IN EAST SURABAYA TOWARDS  
PDAM SURABAYA DISTRIBUTION NETWORK**

**ANDRE RHEMI RIHENDY**  
**03211440000098**

Supervisor  
Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019



**ANALISIS PENINGKATAN KEBUTUHAN AIR MINUM  
AKIBAT PERTUMBUHAN GEDUNG *HIGH-RISE* DI  
SURABAYA TIMUR TERHADAP JARINGAN DISTRIBUSI  
PDAM SURABAYA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**ANDRE RHEMI RIHENDY**  
NRP 03211440000098

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



**Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D.**  
NIP 19730601 200003 1 001



# **ANALISIS PENINGKATAN KEBUTUHAN AIR MINUM AKIBAT PERTUMBUHAN GEDUNG *HIGH-RISE* DI SURABAYA TIMUR TERHADAP JARINGAN DISTRIBUSI PDAM SURABAYA**

Nama Mahasiswa : Andre Rhemi Rihendy  
NRP : 03211440000098  
Departemen : Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D.

## **ABSTRAK**

Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) Surabaya, pada tahun 2016 populasi penduduk Kota Surabaya telah mencapai 3.216.652 jiwa. Sebagai ibukota provinsi, Kota Surabaya menjadi pusat bisnis, perdagangan, industri dan pendidikan di Indonesia sehingga menjadi lokasi yang strategis bagi para investor terutama dalam bidang properti. Oleh karena itu perekonomian Surabaya sangat dipengaruhi oleh pertumbuhan secara signifikan dalam hal properti, dimana gedung pencakar langit, mall, plaza, apartemen, perkantoran dan hotel akan terus menerus dibangun setiap tahunnya. Jumlah dan keberadaan bangunan-bangunan komersil diatas dikhawatirkan akan mempengaruhi sistem penyediaan air minum.

Pada studi ini, proyeksi kebutuhan air bersih dilakukan dengan proyeksi jumlah penghuni atau pengguna dari gedung-gedung *high-rise* berdasarkan data proyek yang ada serta wawancara dan survei secara langsung dengan pihak properti. Studi dilakukan pada gedung-gedung *high-rise* yang berada di wilayah Surabaya Timur, tepatnya di Kecamatan Gubeng, Tenggilis Mejoyo, Rungkut dan Gunung Anyar. Data proyeksi yang telah didapat kemudian dianalisis dan dimodelkan dengan menggunakan aplikasi WaterCAD V8i. Penyajian hasil analisis dan permodelan akan disajikan dalam gambar AutoCAD. Aspek teknis yang dikaji dalam studi ini meliputi jaringan sistem distribusi air bersih, sistem penyediaan air bersih, penyediaan dan kebutuhan air bersih dan kapasitas produksi air bersih.

Gedung-gedung *high-rise* yang termasuk dalam wilayah studi ada 9 gedung. Dari 9 gedung, kebutuhan air total yang dibutuhkan berkisar antara 3-20 L/s bergantung pada jumlah penghuni atau penggunaanya. Simulasi dengan program WaterCAD dilakukan untuk tahun 2018-2025. Pada akhir tahun simulasi yaitu tahun 2025, tekanan yang diperoleh pada titik *tapping* gedung *high-rise* berkisar antara -5,2 sampai dengan 17,6 mH<sub>2</sub>O. Tekanan titik-titik *junction* untuk setiap kecamatan berkisar antara -11,7 sampai 41,7 mH<sub>2</sub>O di Kecamatan Gubeng; 5,1 sampai 20,2 mH<sub>2</sub>O di Kecamatan Tenggilis Mejoyo; 5,1 sampai 21,3 mH<sub>2</sub>O di Kecamatan Rungkut; dan 5,1 sampai 29,6 mH<sub>2</sub>O di Kecamatan Gunung Anyar.

**Kata kunci:** Air minum, distribusi, pertumbuhan gedung *high-rise*, WaterCAD V8i.

# **ANALYSIS OF INCREASING CLEAN WATER DEMAND DUE TO THE DEVELOPMENT OF HIGH- RISE BUILDINGS IN EAST SURABAYA TOWARDS PDAM SURABAYA DISTRIBUTION NETWORK**

Name : Andre Rhemi Rihendy  
NRP : 03211440000098  
Department : Environmental Engineering  
Supervisor : Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D.

## **ABSTRACT**

According to Surabaya Central Statistics Agency, in 2016 the population of Surabaya city had reached 3,216,652 people. As the provincial capital, Surabaya is the center of business, trade, industry, and education in Indonesia, making it a strategic location for investors, especially in the property sector. Therefore, Surabaya's economy is strongly influenced by significant growth in terms of property, where skyscrapers, malls, plazas, apartments, offices, and hotels will continue to be built every year. The number and presence of commercial buildings mentioned above are feared to affect the drinking water supply system.

In this study, the projected clean water needs are carried out by projecting the number of occupants or users of high-rise buildings based on existing project data as well as interviews and surveys directly with property developers. The study was conducted on high-rise buildings located in East Surabaya, precisely in Gubeng, Tenggilis Mejoyo, Rungkut, and Gunung Anyar Districts. Projection data that has been obtained is then analyzed and modeled using the WaterCAD V8i application. The presentation of the results of the analysis and modeling will be presented in AutoCAD images. The technical aspects examined in this plan include clean water distribution system networks, clean water supply systems, supply and clean water needs and clean water production capacity.

There are 9 high-rise buildings included in the planning area. Of the 9 buildings, the total water requirements

needed range from 3-20 L/s depending on the number of residents or users. Simulations with the WaterCAD program are carried out for 2018-2025. At the end of the simulation year, namely in 2025, the pressure obtained from the high-rise tapping points ranges from -5,2 to 17,6 mH<sub>2</sub>O. For each sub-district, the pressures at the junctions ranges from -11,7 to 41,7 mH<sub>2</sub>O in Gubeng; 5-1 to 20,2 mH<sub>2</sub>O in Tenggilis Mejoyo; 5,1 to 21,3 mH<sub>2</sub>O in Rungkut; and 5,1 to 29,6 mH<sub>2</sub>O in Gunung Anyar.

**Key words:** Drinking water, distribution, high-rise building growth, WaterCAD V8i.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan pada Allah SWT karena atas rahmat dan karuniaNya saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang berjudul “Analisis Peningkatan Kebutuhan Air Minum Akibat Pertumbuhan Gedung *High-rise* di Surabaya Timur terhadap Jaringan Distribusi PDAM Surabaya”. Penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Saya menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing tugas akhir, terima kasih atas kesabaran, bimbingan dan ilmu yang telah diberikan.
2. Bapak Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T., Bapak Welly Herumurti, S.T., M.Sc., Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc. dan Bapak Alfian Purnomo, S.T., M.T. selaku dosen pengarah tugas akhir, terima kasih atas saran serta bimbingannya.
3. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surya Sembada Surabaya, terima kasih atas kerja sama dan bimbingannya.
4. Keluarga yang selalu memberikan dukungan serta doa untuk kelancaran dalam pelaksanaan tugas akhir ini.
5. Teman-teman angkatan 2014 yang selalu menemani, membantu dan memberikan semangat.

Saya menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam tugas akhir ini. Oleh karena itu, saya menerima saran agar tugas akhir ini dapat menjadi lebih baik. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Januari 2019



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	2
1.3    Tujuan.....	3
1.4    Manfaat.....	3
1.5    Ruang Lingkup .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1    Gambaran Umum Wilayah Perencanaan.....	5
2.1.1    Letak Geografis dan Administratif .....	5
2.1.2    Topografi dan Fisiografi.....	7
2.1.3    Kependudukan.....	7
2.1.4    Sumber Air Baku PDAM .....	8
2.1.5    Kondisi Eksisting SPAM .....	9
2.2    Gedung <i>High-rise</i> .....	9
2.3    Kebutuhan Air .....	10
2.3.1    Penaksiran Kebutuhan Air.....	10
2.3.2    Kebutuhan Air Rata-rata .....	14
2.3.3    Fluktuasi Kebutuhan Air .....	15
2.4    Kecepatan Aliran .....	15
2.5    Persamaan Energi dalam Pipa.....	16

2.6	Gradien Energi dan Hidrolis .....	17
2.7	Kehilangan Tekanan ( <i>Headloss</i> ) .....	18
2.8	Dimensi Pipa Distribusi.....	20
2.9	Komponen Sistem Air Perkotaan .....	21
2.10	Sistem Penyediaan Air Minum .....	22
2.11	Sistem Perpipaan Distribusi Air Minum .....	22
2.12	Sistem Jaringan Pipa Distribusi Air Minum .....	23
2.13	Pemodelan Jaringan Sistem Distribusi.....	25
2.14	Program WaterCAD V8i .....	26
2.13.1	Elemen WaterCAD V8i .....	27
2.13.2	Jenis Simulasi WaterCAD V8i .....	29
BAB III METODE PERENCANAAN .....		31
3.1	Kerangka Perencanaan .....	31
3.2	Rangkaian Kegiatan Perencanaan.....	32
3.2.1	Ide Perencanaan .....	32
3.2.2	Studi Literatur .....	33
3.2.3	Perijinan .....	33
3.2.4	Pengumpulan Data .....	34
3.2.5	Pengolahan Data .....	35
3.2.6	Permodelan Jaringan Distribusi Eksisting .....	36
3.2.7	Permodelan Jaringan Distribusi Proyeksi.....	36
3.2.8	Penyusunan Laporan .....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		37
4.1	Gedung <i>High-rise</i> .....	37
4.2	Kapasitas Gedung .....	39
4.3	Kebutuhan Air .....	44
4.3.1	Kebutuhan Air Rata-rata .....	44

4.3.2	Kebutuhan Air Berdasarkan Okupansi .....	45
4.3.3	Kebutuhan Air Jam Puncak .....	50
4.4	Model Jaringan Distribusi .....	53
4.4.1	Jaringan Distribusi Eksisting.....	53
4.4.2	Simulasi Jaringan Distribusi Eksisting.....	57
4.4.3	Jaringan Distribusi Proyeksi .....	58
4.4.4	Simulasi Jaringan Distribusi Proyeksi.....	64
BAB V <u>KESIMPULAN DAN SARAN</u> .....		73
5.1	Kesimpulan .....	73
5.2	Saran .....	73
DAFTAR PUSTAKA .....		75
BIOGRAFI PENULIS .....		145

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Letak Geografis dan Administratif .....	6
Tabel 2. 2 Jumlah Penduduk Tahun 2016 .....	7
Tabel 2. 3 Perbandingan Luas Lantai Efektif/Total .....	11
Tabel 2. 4 Kebutuhan Air Rata-rata per Orang .....	11
Tabel 2. 5 Faktor Pemakaian dan Jumlah Alat Plambing .....	12
Tabel 2. 6 Beban Unit Alat Plambing .....	14
Tabel 2. 7 Koefisien Hazen William.....	18
Tabel 2. 8 Koefisien Darcy Weisbach .....	19
Tabel 2. 9 Koefisien Manning .....	20
Tabel 4. 1 Daftar Gedung <i>High-rise</i> .....	37
Tabel 4. 2 Koordinat Gedung High-rise.....	39
Tabel 4. 3 Jumlah Unit per Gedung Apartemen & Hotel.....	40
Tabel 4. 4 Luas Lantai per Gedung Mall dan Ruko.....	40
Tabel 4. 5 Kapasitas Gedung Apartemen & Hotel .....	42
Tabel 4. 6 Kapasitas Gedung Mall dan Ruko.....	43
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Rata-rata .....	46
Tabel 4. 8 Tingkat Okupansi Gedung <i>High-rise</i> .....	47
Tabel 4. 9 Kebutuhan Air Berdasarkan Okupansi .....	49
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Jam Puncak ...	54
Tabel 4. 11 <i>Junction</i> Aliran Masuk .....	55
Tabel 4. 12 <i>Junction</i> Aliran Keluar .....	56
Tabel 4. 13 <i>Junction</i> Perpotongan IPAM Ngagel .....	58
Tabel 4. 14 Definisi Pompa Karangpilang III .....	60
Tabel 4. 15 Hasil Perhitungan Diameter Pipa .....	63
Tabel 4. 16 Data Tambahan <i>Junction</i> Gedung .....	63
Tabel 4. 17 <i>Junction</i> Gedung High-rise Tahun 2018 .....	65
Tabel 4. 18 <i>Junction</i> Gedung High-rise Tahun 2019 .....	65
Tabel 4. 19 <i>Junction</i> Gedung High-rise Tahun 2020 .....	66
Tabel 4. 20 <i>Junction</i> Gedung High-rise Tahun 2021 .....	66
Tabel 4. 21 <i>Junction</i> Gedung High-rise Tahun 2022 .....	67
Tabel 4. 22 <i>Junction</i> Gedung High-rise Tahun 2023 .....	67
Tabel 4. 23 <i>Junction</i> Gedung High-rise Tahun 2024 .....	68
Tabel 4. 24 <i>Junction</i> Gedung High-rise Tahun 2025 .....	68
Tabel 4. 25 Definisi <i>Booster Pump</i> Gubeng.....	70

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kurva Unit Beban Sampai 3000 .....	13
Gambar 2. 2 Kurva Unit Beban Sampai 250 .....	13
Gambar 2. 3 Perubahan Energi dan Aliran dalam Pipa .....	17
Gambar 2. 4 Sistem Cabang Jaringan Distribusi .....	24
Gambar 2. 5 Sistem Melingkar Jaringan Distribusi .....	25
Gambar 3. 1 Kerangka Perencanaan.....	32
Gambar 4. 1 Lokasi Gedung <i>High-rise</i> .....	38
Gambar 4. 2 Lokasi Perpotongan Aliran Masuk .....	55
Gambar 4. 3 Kondisi Jaringan IPAM Ngagel.....	60
Gambar 4. 4 Kurva Pompa Karangpilang III .....	61
Gambar 4. 5 Lokasi Reservoir dan Pompa .....	61
Gambar 4. 6 Lokasi Penambahan Pipa dan <i>Junction</i> .....	64
Gambar 4. 7 Kurva <i>Booster Pump</i> Gubeng .....	70



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran A:</b> Peta Kota Surabaya .....	77
<b>Lampiran B:</b> Jaringan Distribusi Air Minum.....	85
<b>Lampiran C:</b> Hasil Komputasi Jaringan Distribusi.....	95
<b>Lampiran D:</b> Hasil Simulasi Jaringan Distribusi Proyeksi ...	133

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Air bersih merupakan salah satu komponen yang sangat penting bagi kehidupan sehari-hari manusia. Air bersih menjadi kebutuhan dasar yang dapat menentukan kualitas hidup dan keberlanjutan hidup manusia, oleh karena hal tersebut air bersih harus tersedia dengan kualitas dan kuantitas yang memadai. Menurut Undang-undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 Pasal 33 Ayat (3), bumi dan air dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat. Melihat isi dari undang-undang tersebut, maka penyediaan akan kebutuhan air bersih wajar mendapatkan prioritas penanganan utama untuk menjaga kemakmuran rakyat.

Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia, sejak tahun 2010 populasi Indonesia telah meningkat sebesar 21,06 juta jiwa atau sekitar 8,9%. Peningkatan dalam jumlah penduduk tentunya akan mengakibatkan peningkatan dalam kebutuhan air bersih. Hampir 70% dari bumi terdiri dari air, namun hanya sekitar 2,5% yang termasuk air bersih dan sisanya adalah air dengan tingkat salinitas yang tinggi dan air laut. Dari 2,5% air bersih yang tersedia, hanya 1% yang mudah dijangkau sedangkan sisanya membeku dalam gletser dan lahan es. Pada dasarnya, hanya 0,007% persen dari air di bumi dapat diambil untuk konsumsi 7,6 milyar penduduk dunia.

Surabaya merupakan kota terbesar kedua setelah Jakarta. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) Surabaya, pada tahun 2016 populasi penduduk Kota Surabaya telah mencapai 3.216.652 jiwa. Kota Surabaya telah menjadi kota metropolitan dan menjadi pusat bisnis, perdagangan, industri dan pendidikan di Indonesia. Sebagai ibukota provinsi, Surabaya juga merupakan rumah bagi banyak kantor dan pusat bisnis. Perekonomian Surabaya juga dipengaruhi oleh pertumbuhan baru dalam industri asing dan industri yang akan terus berkembang terutama dalam hal properti, dimana gedung

pencakar langit, mall, plaza, apartemen dan hotel akan terus dibangun setiap tahunnya. Menurut laporan kuartal kedua PT. Colliers International pada tahun 2018, terdapat 347.333 m<sup>2</sup> ruang total perkantoran di Surabaya dan pada tahun 2018-2020 akan dibangun 124.347 m<sup>2</sup> ruang perkantoran tambahan. Gedung apartemen akan dibangun 33.535 unit kamar apartemen sampai dengan tahun 2021 atau 8.384 unit per tahunnya, 164% lebih tinggi dari rata-rata 5 tahun sebelumnya dan gedung hotel akan dibangun 2.035 kamar pada tahun 2018.

Pertumbuhan jumlah penduduk tentunya akan mengakibatkan peningkatan dalam kebutuhan air bersih sehari-hari. Melihat banyaknya jumlah gedung *high-rise* dengan kapasitas gedung yang tinggi yang sedang dalam proses pembangunan ataupun yang akan dibangun, timbul kekhawatiran terkait ketersediaan dan kecukupan air bersih di masa depan. Dengan dasar tersebut, studi ini dilakukan dengan harapan dapat menggambarkan situasi distribusi air di wilayah studi untuk beberapa tahun kedepan serta memberikan solusi alternatif terkait perencanaan pengembangan sistem distribusi untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Permasalahan yang menjadi latar belakang dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana pertumbuhan penduduk yang disebabkan oleh pertumbuhan gedung *high-rise* di Kecamatan Gubeng, Tenggilis Mejoyo, Rungkut dan Gunung Anyar?
2. Bagaimana pemakaian air minum yang disebabkan oleh pertumbuhan gedung *high-rise* di Kecamatan Gubeng, Tenggilis Mejoyo, Rungkut dan Gunung Anyar?
3. Bagaimana pengaruh pemakaian air minum yang disebabkan oleh pertumbuhan gedung *high-rise* terhadap kondisi jaringan distribusi PDAM pada Kecamatan Gubeng, Tenggilis Mejoyo, Rungkut dan Gunung Anyar?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Menghitung proyeksi penduduk yang disebabkan oleh pertumbuhan gedung *high-rise* di Kecamatan Gubeng, Tenggilis Mejoyo, Rungkut dan Gunung Anyar.
2. Menghitung proyeksi pemakaian air minum yang disebabkan oleh pertumbuhan gedung *high-rise* di Kecamatan Gubeng, Tenggilis Mejoyo, Rungkut dan Gunung Anyar.
3. Mengevaluasi pengaruh pemakaian air minum yang disebabkan oleh pertumbuhan gedung *high-rise* terhadap kondisi jaringan distribusi PDAM pada Kecamatan Gubeng, Tenggilis Mejoyo, Rungkut dan Gunung Anyar.

### 1.4 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah:

1. Sebagai alternatif pemecahan masalah kepada PDAM Surabaya mengenai peningkatan pelayanan dalam sistem distribusi air minum.
2. Sebagai alternatif untuk PDAM Surabaya mengenai rencana pengembangan jaringan distribusi air bersih di masa yang akan datang.

### 1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari tugas akhir ini adalah:

1. Wilayah studi adalah Kecamatan Gubeng, Tenggilis Mejoyo, Rungkut dan Gunung Anyar di wilayah Surabaya Timur.
2. Tahun simulasi adalah tahun 2018 sampai dengan tahun 2025.
3. Data-data yang diperlukan dalam tugas akhir ini meliputi data primer dan data sekunder.
4. Jaringan distribusi air minum meliputi jaringan primer dan jaringan sekunder.
5. Aspek teknis dari tugas akhir ini meliputi:
  - Jaringan sistem distribusi air minum
  - Sistem penyediaan air minum
  - Penyediaan dan kebutuhan air bersih

6. Model jaringan distribusi air minum akan diolah dengan menggunakan aplikasi WaterCAD V8i.
7. Hasil yang akan diperoleh berupa dokumen hasil evaluasi pengaruh pertumbuhan gedung *high-rise* terhadap kondisi jaringan distribusi air minum PDAM dan gambar hasil simulasi.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Gambaran Umum Wilayah Studi**

Wilayah studi tugas akhir ini terletak di Kota Surabaya yang berada di Provinsi Jawa Timur, di dalam wilayah yang termasuk dalam zona pelayanan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surya Sembada Kota Surabaya. Wilayah yang dimaksud meliputi Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tenggilis Mejoyo, Kecamatan Rungkut dan Kecamatan Gunung Anyar.

##### **2.1.1 Letak Geografis dan Administratif**

Secara geografis, Kota Surabaya terletak di Provinsi Jawa Timur dengan koordinat antara 07°21'00" Lintang Selatan dan 112°36'00" sampai dengan 112°54' Bujur Timur. Wilayahnya merupakan dataran rendah dengan ketinggian 3 sampai 6 m diatas permukaan air laut, kecuali di sebelah selatan ketinggian 25 sampai 50 m diatas permukaan air laut. Luas wilayah seluruh Kota Surabaya kurang lebih 326,36 km<sup>2</sup> yang terbagi dalam 31 kecamatan dan 163 desa/kelurahan, 1.405 Rukun Warga, dan 9.271 Rukun Tetangga. Batas wilayah Kota Surabaya adalah:

- Sebelah Utara : Selat Madura
- Sebelah Timur : Selat Madura
- Sebelah Selatan : Kabupaten Sidoarjo
- Sebelah Barat : Kabupaten Gresik

Letak geografis dan administratif dari Kecamatan Gubeng, Tenggilis Mejoyo, Rungkut dan Gunung Anyar dapat dilihat pada Tabel 2.1. Peta administrasi wilayah studi yang digunakan dalam tugas akhir ini diperoleh dari Badan Perencanaan Pengembangan Kota (BAPPEKO) Surabaya yang dapat dilihat pada Lampiran A.



**Tabel 2. 1 Letak Geografis dan Administratif**

Kecamatan	Tinggi	Luas km <sup>2</sup>	Batas Wilayah			
	mdpl		Utara	Timur	Selatan	Barat
Gubeng	±4	7.48	Kecamatan Tambak Sari	Kecamatan Sukolilo & Kecamatan Mulyorejo	Kecamatan Wonokromo & Kecamatan Wonocolo	Kecamatan Tegal Sari
Tenggilis Mejoyo	±4	5.477	Kecamatan Sukolilo	Kecamatan Rungkut & Kecamatan Gunung Anyar	Kecamatan Wonocolo & Kabupaten Sidoarjo	Kecamatan Wonocolo
Rungkut	±4,6	21.02	Kecamatan Sukolilo	Selat Madura	Kecamatan Gunung Anyar	Kecamatan Tenggilis Mejoyo
Gunung Anyar	±3	9.2	Kecamatan Rungkut	Selat Madura	Kabupaten Sidoarjo	Kecamatan Tenggilis Mejoyo

*Sumber: Badan Pusat Statistik Surabaya, 2017*

### 2.1.2 Topografi dan Fisiografi

Sebagian besar wilayah Surabaya merupakan dataran rendah dengan 80,72% atau 26.345,19 Ha wilayahnya memiliki ketinggian antara -0,5 sampai 5 m SHVP atau 0 sampai 10 mdpl yang tersebar di bagian timur, utara, selatan dan pusat kota sedangkan sisanya merupakan dengan ketinggian 10-20 mdpl (12,53%) dan di atas 20 mdpl (6,76%) yang umumnya terletak di bagian barat dan selatan Kota Surabaya yaitu di Kecamatan Sawahan, Karangpilang, Benowo, Lakarsantri dan Tandes. Di wilayah Surabaya Selatan terdapat 2 bukit landai yaitu di daerah Lidah dan Gayungan yang ketinggiannya antara 25 sampai 50 m di atas permukaan laut dan di wilayah Surabaya Barat memiliki kontur tanah perbukitan yang bergelombang.

Struktur tanah di Surabaya terdiri dari tanah aluvial, hasil endapan sungai dan pantai, dan di bagian barat terdapat perbukitan yang mengandung kapur tinggi. Di Surabaya terdapat muara Kali Mas, yakni satu dari dua pecahan Sungai Brantas. Kali Mas adalah salah satu dari tiga sungai utama yang membelah sebagian wilayah Surabaya bersama dengan Kali Surabaya dan Kali Wonokromo. Areal sawah dan tegalan terdapat di kawasan barat dan selatan kota, sedangkan areal tambak berada di kawasan pesisir timur dan utara.

### 2.1.3 Kependudukan

Jumlah penduduk Kota Surabaya mengalami peningkatan setiap tahunnya. Jumlah penduduk untuk Kota Surabaya dan wilayah studi Kecamatan Gunung Anyar, Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tenggilis Mejoyo dan Kecamatan Rungkut dapat dilihat pada Tabel 2.2 dibawah ini.

**Tabel 2. 2 Jumlah Penduduk Tahun 2016**

Wilayah	Jumlah Penduduk		
	Laki-laki	Perempuan	Total
<b>Kota Surabaya</b>	<b>1.607.474</b>	<b>1.609.178</b>	<b>3.216.652</b>
Kec. Gubeng	69.467	71.798	141.265
Kec. Tenggilis Mejoyo	28.953	28.953	57.906
Kec. Rungkut	56.068	56.068	112.136
Kec. Gunung Anyar	28.129	28.065	56.194
Jumlah	154.488	156.819	311.307

*Sumber: Badan Pusat Statistik Surabaya, 2017*

#### **2.1.4 Sumber Air Baku PDAM**

Sumber air baku air minum PDAM Kota Surabaya pada saat ini berasal dari Kali Surabaya dan Mata Air Umbulan dan Pandaan dengan pasokan 97% dari Kali Surabaya dan 3% dari Mata Air Umbulan dan Pandaan.

- **Kali Surabaya**

Kali Surabaya merupakan percabangan Sungai Brantas mulai dari Desa Mlirip di Kabupaten Mojokerto. Sungai Brantas mengalami percabangan di Desa Mlirip menjadi Kali Surabaya yang mengarah ke Kota Surabaya dan Kali Porong yang mengarah ke Sidoarjo. Pada lokasi ini, terdapat Dam Mlirip yang mengatur aliran kedua anak Sungai Brantas tersebut terutama aliran Kali Surabaya yang saat ini diperlukan kapasitas yang mencukupi untuk memenuhi kebutuhan air baku bagi PDAM Surya Sembada. Lokasi intake pengambilan air baku dari Kali Surabaya terletak di Karangpilang dan di Ngagel Dam Jagir Wonokromo. Kapasitas air yang didapatkan dari Kali Surabaya mencapai sekitar 11-12 m<sup>3</sup>/s (11.000-12.000 l/s). Intake IPA Ngagel I dibangun pada tahun 1922, intake IPA Ngagel II dibangun pada tahun 1959, dan intake IPA Ngagel III dibangun pada tahun 1982. Untuk intake IPA Karangpilang I dibangun pada tahun 1990 dan intake IPA Karangpilang II pada tahun 1999.

- **Mata Air Umbulan dan Pandaan**

PDAM Surya Sembada juga memperoleh air baku dari Mata Air Umbulan di Desa Umbulan, Kecamatan Winongan, Kabupaten Pasuruan. Instalasi Mata Air Umbulan ini mulai dibangun untuk kebutuhan Surabaya sejak tahun 1932. Total kapasitas Mata Air Umbulan sekitar 4000-5000 l/s, yang saat ini dimanfaatkan oleh PDAM Surya Sembada sekitar 110 l/s, dan PDAM Kota Pasuruan sekitar 175 l/s. Berdasarkan hasil dari penelitian Puslitbang PU, Mata Air Umbulan telah mengalami penurunan debit. Pada bulan Februari 2007-2008, terjadi penurunan debit Mata Air Umbulan dari 4.051 l/s, menjadi 3.278 l/s.

### **2.1.5 Kondisi Eksisting SPAM**

Kota Surabaya memperoleh air dari berbagai sumber air baik dengan menggunakan sistem perpipaan maupun sistem non-perpipaan. Air bersih dengan sistem perpipaan diperoleh dari PDAM sedangkan non-perpipaan menggunakan sumur gali dan mobil tangki. Sampai akhir tahun 2014, penyediaan air dengan perpipaan PDAM mencapai 79%, dengan perpipaan oleh pihak swasta sekitar 2% dan dengan sistem non-perpipaan sekitar 19% dari total penduduk.

Berdasarkan Revisi Rencana Induk Sistem Penyediaan Air Minum (RISPAM) Kota Surabaya Tahun 2014-2035, pelayanan PDAM Surya Sembada mencakup wilayah Kota Surabaya dan sekitarnya (Pasuruan, Sidoarjo dan Gresik). Sistem pelayanan di wilayah Kota Surabaya dibagi dalam 5 (lima) zona yang dibagi menjadi beberapa sub-zona. Total sub-zona Kota Surabaya adalah 148 sub-zona. Wilayah perencanaan dari tugas akhir ini termasuk dalam Zona 2 (Kecamatan Gubeng) dan Zona 1 (Kecamatan Tenggilis Mejoyo, Rungkut dan Gunung Anyar). Peta zona pelayanan Kota Surabaya dapat dilihat pada Lampiran A.

### **2.2 Gedung *High-rise***

Gedung *high-rise* merupakan gedung bertingkat tinggi. Pada umumnya, gedung *high-rise* dan gedung *low-rise* ditentukan dari ketinggiannya yang bervariasi dalam berbagai yurisdiksi. Gedung *high-rise* digunakan sebagai tempat tinggal, perkantoran, hotel, ritel dan lainnya. Kebanyakan arsitek, insinyur, inspektur bangunan dan profesi-profesi lainnya yang setara mengartikan gedung *high-rise* sebagai gedung dengan ketinggian minimal 75 kaki atau 23 meter.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 2005 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung, penetapan klasifikasi ketinggian didasarkan pada jumlah lantai bangunan gedung, yang ditetapkan oleh pemerintah daerah kabupaten/kota. Penetapan ketinggian bangunan dibedakan dalam tingkatan ketinggian, bangunan rendah (jumlah lantai bangunan gedung sampai dengan 4 lantai), bangunan sedang (jumlah lantai bangunan gedung 5 lantai sampai dengan 8 lantai), dan bangunan tinggi (jumlah lantai bangunan lebih dari 8 lantai).

### **2.3 Kebutuhan Air**

Kebutuhan air merupakan jumlah air yang diperlukan oleh suatu unit konsumsi. Analisis kebutuhan air bersih untuk masa mendatang menggunakan standar-standar perhitungan yang telah ditetapkan. Kebutuhan air untuk fasilitas-fasilitas sosial ekonomi harus dibedakan sesuai peraturan PDAM dan memperhatikan kapasitas produksi sumber yang ada, tingkat kebocoran dan pelayanan. Faktor utama dalam analisis kebutuhan air adalah jumlah penduduk pada daerah studi. (Kalensun, 2016)

#### **2.3.1 Penaksiran Kebutuhan Air**

Kebutuhan air dapat ditaksir dengan menggunakan beberapa metode. Metode-metode penaksiran besarnya kebutuhan air adalah perhitungan berdasarkan jumlah pemakai, berdasarkan jenis dan jumlah alat plambing, berdasarkan unit beban alat plumbung dan berdasarkan pemakaian air terhadap waktu (Noerbambang dan Morimura, 2015).

##### **A. Berdasarkan Jumlah Pemakai**

Metode ini didasarkan pada pemakaian air rata-rata sehari dari setiap penghuni, dan perkiraan jumlah penghuni. Dengan demikian jumlah pemakaian air sehari dapat diperkirakan, walaupun jenis maupun jumlah alat plambing belum ditentukan. Apabila jumlah penghuni diketahui atau ditetapkan untuk suatu gedung maka angka tersebut digunakan sebagai pemakaian air rata-rata sehari. Tetapi jika jumlah penghuni tidak dapat diketahui, dilakukan penaksiran luas lantai dan kepadatan hunian per luas lantai. Luas lantai gedung yang dimaksud adalah luas lantai efektif, berkisar antara 55 sampai 80 persen dari luas lantai seluruhnya. Referensi persentase luas lantai efektif dan kebutuhan air rata-rata per orang setiap harinya dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4.

**Tabel 2. 3 Perbandingan Luas Lantai Efektif/Total**

No.	Gedung	Luas Lantai Efektif (%)
1	Rumah Mewah	42-45
2	Rumah Biasa	50-53
3	Apartemen	45-50
4	Rumah Sakit	45-48
5	SD	58-60
6	SLTP	58-60
7	Kantor	60-70
8	Toserba/Department Store	55-60
9	Gedung Pertunjukkan	53-55

**Tabel 2. 4 Kebutuhan Air Rata-rata per Orang**

No	Jenis Gedung	Pemakaian rata-rata (liter/hari)	Waktu pemakaian air rata-rata sehari (jam)	Keterangan
1.	Rumah mewah	250	8-10	Setiap penghuni
2.	Rumah biasa	160-250	8-10	Setiap penghuni
3.	Apartemen	200-250	8-10	Mewah: 250 liter Menengah: 180 liter Bujangan: 120 liter
4.	Asrama	120	8	Bujangan
5.	Rumah sakit	Mewah >1000 Menengah 500-1000 Umum 350-500	8-10	(Setiap tempat tidur pasien) Pasien luar: 8 liter Staf/pegawai: 120 liter Keluarga pasien: 160 liter
6.	Sekolah dasar	40	5	Guru: 100 liter
7.	SLTP	50	6	Guru: 100 liter
8.	SLTA dan lebih tinggi	80	6	Guru/dosen: 100 liter
9.	Rumah toko	100-200	8	Penghuni: 160 liter
10.	Gedung kantor	100	8	Setiap pegawai
11.	Toserba (Toko serba ada, department store)	3	7	Pemakaian air hanya untuk kakus, belum termasuk untuk bagian restorannya
12.	Pabrik/industri	Buruh pria: 60 Wanita: 100	8	Per orang, setiap giliran (kalau kerja lebih dari 8 jam sehari)
13.	Stasiun/terminal	3	15	Setiap penumpang (yang tiba maupun berangkat)
14.	Restoran	30	5	Untuk penghuni: 160 liter
15.	Restoran umum	15	7	Untuk penghuni: 160 liter; Pelayan: 100 liter; 70% dari jumlah tamu perlu 15 liter/orang untuk kakus, cuci tangan dsb.
16.	Gedung pertunjukan	30	5	Kalau digunakan siang dan malam, pemakaian air dihitung per penonton. Jam pemakaian air dalam tabel adalah untuk satu kali pertunjukan.
17.	Gedung bioskop	10	3	-idem-
18.	Toko pengecer	40	6	Pedagang besar: 30 liter/ tamu, 150 liter/staf atau 5 liter per hari tiap m <sup>2</sup> luas lantai
19.	Hotel/penginapan	250-300	10	Untuk setiap tamu, untuk staf: 120-150 liter; penginapan: 200 liter.
20.	Gedung peribadatan	10	2	Didasarkan jumlah jamaah per hari.
21.	Perpustakaan	25	6	Untuk setiap pembaca yang tinggal.
22.	Bar	30	6	Setiap tamu
23.	Perkumpulan sosial	30		Setiap tamu
24.	Kelab malam	120-350		Setiap tempat duduk
25.	Gedung perkumpulan	150-200		Setiap tamu
26.	Laboratorium	100-200	8	Setiap staf

B. Berdasarkan Jenis dan Jumlah Alat Plambing

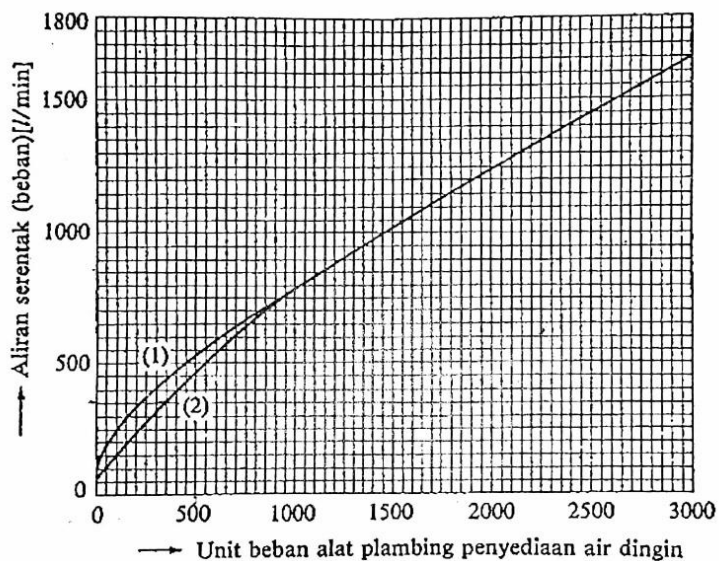
Metode ini digunakan apabila kondisi pemakaian alat plambing dapat diketahui misalnya untuk perumahan atau gedung lainnya. Jumlah dari setiap jenis alat plambing dalam gedung tersebut juga harus diketahui. Dalam metode ini juga diperkirakan adanya faktor pemakaian serentak dari alat-alat plambing yang dipakai, karena pada saat alat-alat plambing pada suatu gedung digunakan secara bersamaan maka debit air yang dikeluarkan semakin besar. Faktor pemakaian dan jumlah alat plambing dapat dilihat pada Tabel 2.5.

**Tabel 2. 5 Faktor Pemakaian dan Jumlah Alat Plambing**

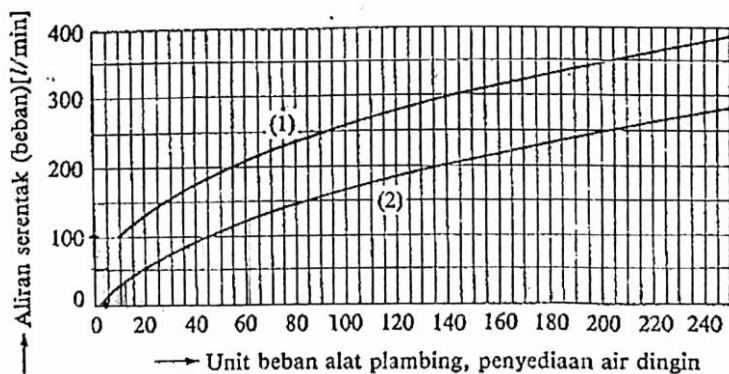
Jenis alat plambing \ Jumlah alat plambing	1	2	4	8	12	16	24	32	40	50	70	100
Kloset, dengan katup gelontor	1	50 satu	50 2	40 3	30 4	27 5	23 6	19 7	17 7	15 8	12 9	10 10
Alat plambing biasa	1	100 dua	75 3	55 5	48 6	45 7	42 10	40 13	39 16	38 19	35 25	33 33

C. Berdasarkan Unit Beban Alat Plambing

Dalam metode ini, setiap alat plambing ditentukan suatu unit beban (*fixture unit*). Untuk setiap bagian pipa dijumlahkan besarnya unit beban dari semua alat plambing yang dilayaninya, kemudian dicari besarnya laju aliran air dengan kurva pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2. Kurva ini memberikan hubungan antara jumlah unit beban alat plambing dengan laju aliran air, dengan memasukkan faktor kemungkinan penggunaan serempak dari alat-alat plambing. Kurva (1) digunakan untuk sistem yang sebagian besar menggunakan katup gelontor dan kurva (2) digunakan untuk sistem yang sebagian besar menggunakan tangga gelontor. Tabel 2.6 menunjukkan besarnya unit beban untuk setiap alat plambing.



**Gambar 2. 1 Kurva Unit Beban Sampai 3000**



**Gambar 2. 2 Kurva Unit Beban Sampai 250**



**Tabel 2. 6 Beban Unit Alat Plumbing**

Alat Plumbing	Jenis	UAP	
		Pribadi	Umum
Kloset	Katup Gelontor	6	10
Kloset	Tangki Gelontor	3	5
Peturasan, dengan tiang	Katup Gelontor	-	10
Peturasan terbuka	Katup Gelontor	-	5
Peturasan terbuka	Tangki Gelontor	-	3
Bak cuci (kecil)	Keran	0,5	1
Bak cuci tangan	Keran	1	2
Bak cuci tangan, untuk kamar operasi	Keran	-	3
Bak mandi rendam	Keran Air Dingin & Panas	2	4
Pancuran mandi	Keran Air Dingin & Panas	2	4
Pancuran mandi tunggal	Keran Air Dingin & Panas	2	-
Kamar mandi dengan bak mandi rendam	Kloset Katup Gelontor	8	-
Kamar mandi dengan bak mandi rendam	Kloset Tangki Gelontor	6	-
Bak cuci bersama	Keran	-	2
Bak cuci pel	Keran	3	4
Bak cuci dapur	Keran	2	4
Bak cuci piring	Keran	-	5
Bak cuci pakaian	Keran	3	-
Pancuran minum	Keran	-	2
Pemanas air	Katup Bola	-	2

### 2.3.2 Kebutuhan Air Rata-rata

Kebutuhan air rata-rata terdiri dari kebutuhan air domestik, kebutuhan air non-domestik serta kehilangan air. Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air bersih untuk pemenuhan kegiatan sehari-hari atau kegiatan rumah tangga. Kebutuhan non-domestik adalah kebutuhan air yang terdiri atas kebutuhan institusional, kebutuhan komersil, kebutuhan industri dan kebutuhan fasilitas umum (Kalensun, 2016). Rumus kebutuhan air rata-rata adalah:

$$Q_r = Q_d + Q_n + Q_a$$

Keterangan:

$Q_r$  = kebutuhan air rata-rata (l/s)

$Q_d$  = kebutuhan air domestik (l/s)

$Q_n$  = kebutuhan air non-domestik (l/s)

$Q_a$  = kehilangan air (l/s)

### 2.3.3 Fluktuasi Kebutuhan Air

Kebutuhan dasar dan kehilangan air berfluktuasi dari waktu ke waktu, dengan skala jam, hari, bulan, selama kurun waktu satu tahun. Perhitungan kebutuhan air didasarkan pada kebutuhan air hari maksimum dan kebutuhan air jam maksimum dengan referensi kebutuhan air rata-rata (Kalensun, 2016).

#### A. Kebutuhan Air Rata-rata Harian

Kebutuhan air rata-rata harian merupakan banyaknya air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan domestik, non-domestik dan ditambah dengan kehilangan air.

#### B. Kebutuhan Air Hari Maksimum

Kebutuhan air hari maksimum merupakan banyaknya air yang diperlukan terbesar pada suatu hari pada satu tahun dan berdasarkan pada debit kebutuhan air rata-rata harian. Untuk menghitung debit kebutuhan air hari maksimum, diperlukan faktor fluktuasi kebutuhan air maksimum. Rumus kebutuhan air hari maksimum adalah:

$$Q_{hm} = F_{hm} \times Q_r$$

Keterangan:

$Q_{hm}$  = debit kebutuhan air harian maksimum ( $m^3$ /hari)

$F_{hm}$  = faktor harian maksimum (115%-120%)

#### C. Kebutuhan Air Jam Maksimum

Kebutuhan air jam maksimum merupakan banyaknya kebutuhan air terbesar pada saat jam tertentu dalam satu hari. Rumus kebutuhan air jam maksimum adalah:

$$Q_{jm} = F_{jm} \times Q_r$$

Keterangan:

$Q_{jm}$  = debit kebutuhan air jam maksimum ( $m^3$ /jam)

$F_{jm}$  = faktor jam maksimum (175%-210%)

### 2.4 Kecepatan Aliran

Nilai kecepatan aliran diijinkan dalam pipa adalah sebesar 0,3 sampai dengan 2,5 m/s pada debit jam puncak. Kecepatan

yang terlalu kecil dapat menyebabkan terbentuknya endapan dalam pipa sehingga dapat menyumbat aliran dalam pipa. Sedangkan kecepatan yang terlalu besar dapat menyebabkan kerusakan dalam pipa serta kenaikan *headloss* (Triatmojo, 2008). Rumus untuk menentukan kecepatan aliran di dalam pipa adalah sebagai berikut:

$$v = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}$$

Keterangan:

- v = kecepatan aliran (m/s)
- Q = debit aliran (m<sup>3</sup>/s)
- D = diameter pipa (m)

## 2.5 Persamaan Energi dalam Pipa

Dalam aplikasi hidrolika, energi sering dinyatakan dalam energi per satuan berat atau dalam satuan panjang atau lebih umum disebut tekanan (Modul Pelatihan PDAM). Dalam hidrolika, energi ini dibagi ke dalam tiga bagian, yaitu:

- *Pressure Head*  
 $\frac{p}{\gamma}$  (dimana p = tekanan, N/m<sup>2</sup> dan  $\gamma$  = berat jenis, N/m<sup>3</sup>)
- *Elevation Head*  
z (ketinggian dari titik tertentu, m)
- *Velocity Head*  
 $\frac{v^2}{2g}$  (dimana V = kecepatan, m/s dan g = percepatan gravitasi, m/s<sup>2</sup>)

Selain ketiga bentuk energi di atas, ada energi yang mungkin dimasukkan seperti energi pompa. Persamaan keseimbangan hidrolis antara dua titik dalam aliran pipa dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + hp = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + hl$$

Keterangan:

$p$  = tekanan ( $\text{N/m}^2$ )

$z$  = ketinggian (m)

$V$  = kecepatan (m/s)

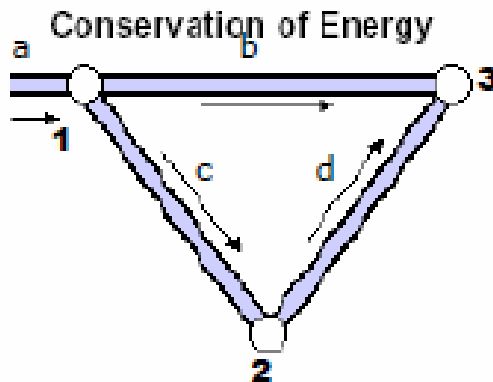
$g$  = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$h_p$  = *head* pompa (m)

$h_l$  = kehilangan tekanan total (m)

## 2.6 Gradien Energi dan Hidrolis

Prinsip keseimbangan hidrolis dalam sistem jaringan adalah bahwa aliran yang masuk harus sama dengan aliran yang keluar. Sedangkan keseimbangan energi dalam pipa dinyatakan bahwa besarnya kehilangan tekanan dalam pipa harus seimbang pada tiap-tiap titik, seperti yang digambarkan pada Gambar 2.1 berikut.



**Gambar 2. 3 Perubahan Energi dan Aliran dalam Pipa**

*Sumber: Haestad Methods, 2005*

Pada gambar di atas, dapat dilihat bahwa jumlah debit air yang ada di pipa **a** sama dengan jumlah aliran yang masuk ke pipa percabangan **b** dan **c**. Demikian juga dengan keseimbangan energi yang terjadi bahwa besarnya energi di titik **3** sama dengan besar energi di titik **1** dikurangi kehilangan tekanan yang terjadi selama di pipa **b**. Begitu pula harus sama dengan kehilangan tekanan di pipa **c** ditambah kehilangan tekanan di pipa **d** (Modul Pelatihan PDAM).

## 2.7 Kehilangan Tekanan (*Headloss*)

Kehilangan tekanan air pada pipa terjadi karena gaya gesek antara fluida dengan permukaan pipa. Terdapat dua macam kehilangan tekanan, yaitu *major* dan *minor losses* (Gupta, 1989). *Major losses* adalah kehilangan tekanan sepanjang pipa lurus yang dapat dihitung dengan persamaan Hazen William, Darcy Weisbach atau Manning.

### a. Persamaan Hazen William

Persamaan ini merupakan persamaan yang paling umum digunakan dalam analisa tekanan pipa dalam sistem distribusi air, persamaannya adalah sebagai berikut:

$$hf = \frac{L}{(0,00155 \times C \times D^{2,63})^{1,85}} \times Q^{1,85}$$

Keterangan:

hf = *headloss* dalam pipa (m)

L = panjang pipa (m)

C = koefisien kekasaran Hazen-William

D = diameter pipa (mm)

Q = aliran/debit dalam pipa (L/s)

Nilai C dapat dilihat pada Tabel 2.4. berikut:

**Tabel 2. 7 Koefisien Hazen William**

Bahan Pipa	Koefisien
Kuningan, tembaga dan alumunium	140
<i>Poli Vinyl Chloride (PVC)</i> dan plastik	150
<i>Galvanized iron</i>	120
Baja	120
Baja dilas	110
Beton	130
<i>Wood stave</i>	120
<i>Cast iron</i>	
≤ 5 tahun	130
10 tahun	120
15 tahun	110
20 tahun	90-100
≥ 30 tahun	75-90

Sumber: *Haestad Methods, 2005*

b. Persamaan Darcy Weisbach

Persamaan yang dipakai pada umumnya adalah:

$$Q = A \sqrt{8g \frac{Rh_f/L}{f}} = A \sqrt{8g \frac{RS}{f}}$$

Keterangan:

Q = aliran/debit dalam pipa (m<sup>3</sup>/s)

A = luas penampang pipa (m<sup>2</sup>)

R = diameter hidrolik pipa (m)

hf = headloss dalam pipa (m)

L = panjang pipa (m)

f = koefisien kekasaran Darcy Weisbach

S = kemiringan (m/m)

Nilai f untuk beberapa jenis pipa dapat dilihat pada Tabel

2.5. berikut:

**Tabel 2. 8 Koefisien Darcy Weisbach**

Bahan Pipa	Koefisien
<i>Commercial steel (enamel coated)</i>	0,0048
<i>Commercial steel (new)</i>	0,045
<i>Galvanized iron</i>	0,15
<i>Cast iron (new)</i>	0,26
<i>Concrete (steel forms, smooth)</i>	0,18
<i>Concrete (good joints, average)</i>	0,36
<i>Concrete (rough, visible, form marks)</i>	0,60
<i>Riveted steel (new)</i>	0,9-9,0
<i>Corrugated metal</i>	45

Sumber: Haestad Methods, 2005

c. Persamaan Manning

Persamaan yang dipakai pada umumnya adalah:

$$Q = \frac{k}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

Keterangan:

Q = aliran/debit dalam pipa (m<sup>3</sup>/s)

k = konstanta (1)

n = koefisien kekasaran Manning

A = luas penampang pipa (m<sup>2</sup>)

R = jari-jari hidrolis (m)

S = kemiringan (m/m)

Nilai n untuk beberapa jenis pipa dapat dilihat pada Tabel

2.6. berikut:

**Tabel 2. 9 Koefisien Manning**

Bahan Pipa	Koefisien		
	Minimum	Normal	Maksimum
<i>Steel (Baja)</i>			
<i>Lockbar and welded</i>	0,010	0,012	0,014
<i>Riveted and spiral</i>	0,013	0,016	0,017
<i>Cast iron (Besi tuang)</i>			
<i>Coated</i>	0,010	0,013	0,014
<i>Uncoated</i>	0,011	0,014	0,016
<i>Wrought iron (Besi tempa)</i>			
<i>Black</i>	0,012	0,014	0,015
<i>Galvanized</i>	0,013	0,016	0,017
<i>Corrugated metal</i>			
<i>Subdrain</i>	0,017	0,019	0,021
<i>Storm drain</i>	0,021	0,024	0,030

Sumber: Haestad Methods, 2001

## 2.8 Dimensi Pipa Distribusi

Berdasarkan Sukarto (2017), metode perhitungan dimensi pipa dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu secara manual dan dengan menggunakan program komputer. Diameter pipa dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}}$$

Keterangan:

D = diameter pipa (m)

Q = debit air ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

v = kecepatan dalam pipa yang direncanakan (m/s)

Setelah perhitungan dimensi pipa dengan persamaan di atas, diameter pipa yang akan digunakan dipilih dari data diameter pipa terdekat yang ada di pasaran. Kemudian dilakukan pengecekan kecepatan dengan diameter yang telah dipilih untuk memastikan kecepatan dalam pipa tidak lebih kecil atau lebih besar dari kriteria yang ada.

## **2.9 Komponen Sistem Air Perkotaan**

Sistem air perkotaan umumnya terdiri dari pengumpulan air, pemurnian air, transmisi air dan distribusi air. Pengumpulan air dilakukan dengan mengumpulkan air dari suatu sumber yang mempunyai persediaan air yang cukup untuk memenuhi kebutuhan air untuk saat ini dan kebutuhan air untuk masa depan atau melakukan konversi terhadap sumber air yang sebenarnya tidak selalu mempunyai persediaan air yang cukup menjadi sumber air yang dapat memenuhi kebutuhan secara terus menerus. Untuk memastikan ketersediaan air, kelebihan air dari sumber air utama harus disimpan untuk digunakan disaat ketersediaan air tidak mencukupi. Ketika kualitas air yang telah dikumpulkan tidak memenuhi standar baku mutu yang ada, maka pemurnian dilakukan agar air dapat digunakan sesuai fungsinya. Pemurnian air meliputi desinfeksi air yang terkontaminasi, dekontaminasi air yang mengandung besi dan mangan, deaktivasi air korosif dan pelunakan air keras. Transmisi air dilakukan untuk menyampaikan air yang telah dikumpulkan dan dipurifikasi ke masyarakat sekitar, dimana distribusi air dilakukan untuk mengalirkan air ke pelanggan dengan tekanan tertentu (Shammas dan Wang, 2016).

Sistem penyediaan air dirancang untuk memenuhi kebutuhan penduduk untuk beberapa tahun kedepan. Tingkat konsumsi air biasanya dinyatakan dalam bentuk rata-rata tahunan, musiman, bulanan, harian, dan per jam. Kapasitas masing-masing komponen sistem diatur berdasarkan jumlah permintaan dan kegunaannya. Suatu sistem distribusi harus cukup besar untuk



memenuhi kebutuhan air domestik dan non-domestik dalam situasi apapun (Shammas dan Wang, 2016).

## **2.10 Sistem Penyediaan Air Minum**

Sistem penyediaan air minum dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu sistem produksi dan sistem distribusi. Sistem produksi mempunyai peran mengambil air dari alam dan kemudian mengolahnya menjadi air yang layak dikonsumsi oleh manusia. Pengambilan air dari sumbernya disebut juga dengan *intake* air baku (Dharmasetiawan, 2017). Pengambilan air baku dapat dilakukan dari berbagai sumber diantaranya air hujan, air permukaan dan air tanah (Shammas dan Wang, 2016).

Setelah air diolah menjadi air yang layak dikonsumsi, air kemudian didistribusikan kepada konsumen yang termasuk di dalam wilayah pelayanan. Metode distribusi air minum secara umum ada dua macam, yaitu distribusi air minum secara manual dengan menggunakan tangki yang membawa air dari tempat penampungan sampai ke konsumen dan distribusi air minum dengan perpipaan dimana air dialirkan dalam pipa tertutup dari penampung air sampai ke konsumen (Dharmasetiawan, 2017).

## **2.11 Sistem Perpipaan Distribusi Air Minum**

Menurut Dharmasetiawan (2017), sistem perpipaan merupakan rangkaian pipa yang menghubungkan antara reservoir dengan konsumen. Secara hierarki, perpipaan disusun berdasarkan banyaknya jumlah air yang dibawa. Dari segi kapasitas, pipa distribusi dirancang untuk memenuhi kebutuhan debit pada saat pemakaian puncak. Tetapi ada pula jenis pipa distribusi yang dirancang untuk memenuhi debit pada saat pemakaian rata-rata, contohnya pipa yang menghubungkan antara reservoir. Macam-macam pipa yang pada umumnya dipakai dalam sistem distribusi air minum adalah sebagai berikut:

### **1. Pipa Induk atau Pipa Primer (*Main Supply Pipe*)**

Pipa induk adalah pipa yang menghubungkan antara tempat penampungan air atau reservoir ke wilayah pelayanan. Pipa induk merupakan pipa distribusi air minum dengan diameter yang terbesar yang pada umumnya dirancang untuk pelayanan sampai 10 tahun kedepan. Untuk menjaga kestabilan aliran, maka pipa

induk tidak boleh disadap langsung oleh pipa servis atau pipa yang langsung mengalirkan air ke konsumen.

2. Pipa Retikulasi atau Pipa Sekunder/Tersier (*Main Arterial Pipe*)

Pipa retikulasi adalah pipa yang menghubungkan antara pipa induk dengan pipa tersier atau pipa servis. Pada sistem yang besar, pipa retikulasi akan menghubungkan pipa induk dengan pipa retikulasi yang lebih kecil atau pipa tersier sedangkan pada sistem yang kecil pipa retikulasi akan menghubungkan pipa induk dengan pipa servis. Pipa retikulasi memiliki diameter yang sama dengan pipa induk atau kurang dari diameter pipa induk. Pada umumnya, pipa retikulasi dirancang untuk pelayanan sampai 5 tahun kedepan.

3. Pipa Servis (*Service Pipe*)

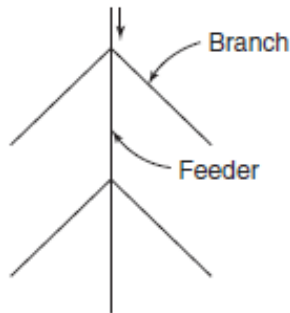
Pipa servis adalah pipa sekunder ataupun tersier yang langsung menghubungkan pipa retikulasi dengan konsumen. Pipa retikulasi dihubungkan dengan pipa servis menggunakan *clamp saddle*. Diameter pipa servis merupakan yang paling kecil dibandingkan dengan pipa distribusi lainnya.

## 2.12 Sistem Jaringan Pipa Distribusi Air Minum

Menurut Shammas dan Wang (2016), sistem jaringan pipa distribusi air minum yang umum dipakai terdiri dari 2 jenis, yaitu:

1. Sistem Cabang (*Branch System*)

Pada sistem cabang, air dialirkan ke konsumen melalui satu jalur pipa utama yang hanya mengalir dari satu arah sehingga pipa distribusi tidak berhubungan. Sistem cabang biasanya digunakan pada wilayah yang kemiringan medan wilayahnya menuju ke satu arah, perkembangan kotanya memanjang dan jaringannya tidak saling berhubungan. Sistem cabang jaringan distribusi air minum dapat dilihat pada Gambar 2.4 sebagai berikut.



**Gambar 2. 4 Sistem Cabang Jaringan Distribusi**

Keuntungan dari sistem cabang jaringan pipa distribusi air minum adalah:

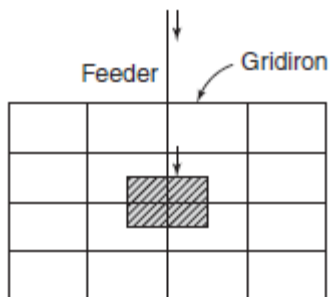
- Jaringan pipa relatif lebih sederhana
- Penggunaan pipa lebih sedikit
- Biaya pemasangan jaringan pipa lebih ekonomis

Kerugian dari sistem cabang jaringan pipa distribusi air minum adalah:

- Terjadinya penimbunan dan pengendapan kotoran tidak dapat dihindari karena adanya titik buntu (*dead end*) di ujung pipa
- Diperlukan pembersihan endapan kotoran secara intensif untuk mencegah timbulnya bau
- Penyediaan air akan terganggu jika terjadi kebakaran atau suatu kerusakan pada salah satu bagian sistem
- Keseimbangan sistem pengaliran kurang terjamin terutama jika terjadi kekurangan tekanan pada bagian pipa yang terjauh

## 2. Sistem Melingkar (*Loop System*)

Pada sistem melingkar, jaringan pipa distribusi saling berhubungan satu sama lain, sehingga pada sistem jaringan ini tidak ada titik buntu (*dead end*). Sistem melingkar biasanya digunakan untuk wilayah yang jaringan jalannya saling berhubungan, perkembangan kotanya cenderung ke segala arah dan keadaan topografinya relatif datar. Sistem melingkar jaringan distribusi air minum dapat dilihat pada Gambar 2.5.



**Gambar 2. 5 Sistem Melingkar Jaringan Distribusi**

Keuntungan dari sistem melingkar jaringan pipa distribusi air minum adalah:

- Kemungkinan terjadinya penimbunan dan pengendapan kotoran dapat dihindari karena bersirkulasi dengan bebas
- Penyediaan air tidak akan terganggu jika terjadi kebakaran atau suatu kerusakan pada salah satu bagian sistem

Kerugian dari sistem melingkar jaringan pipa distribusi air minum adalah:

- Sistem jaringan perpipaan lebih rumit
- Perlengkapan pipa yang digunakan lebih banyak
- Biaya pemasangan jaringan pipa lebih mahal
- Keseimbangan sistem pengaliran kurang terjamin terutama jika terjadi kekurangan tekanan pada bagian pipa yang terjauh

### **2.13 Pemodelan Jaringan Sistem Distribusi**

Simulasi sistem distribusi merupakan proses pemodelan perilaku sistem distribusi dengan pendekatan matematis untuk mendapatkan kondisi yang hampir sama pada kondisi sebenarnya. Proses simulasi dengan pemodelan sistem jaringan distribusi akan mempermudah:

1. Memperkirakan respon sistem distribusi yang ada terhadap kondisi yang cukup luas.

2. Melakukan antisipasi terhadap kondisi-kondisi yang nantinya terjadi pada suatu sistem baik sistem yang telah ada maupun yang direncanakan.
3. Melakukan evaluasi dan pengembangan sistem jaringan.
4. Pembuatan zona-zona pelayanan yang didasarkan pada kondisi-kondisi tertentu yang akan lebih mudah diperhitungkan dengan adanya model jaringan distribusi yang akan dibuat.

Sedangkan tujuan dari proses simulasi dengan pemodelan pada sistem distribusi antara lain:

1. Rencana induk jangka panjang, termasuk pengembangan dan rehabilitasi.
2. Studi pengamanan kebakaran.
3. Pengendalian kualitas air.
4. Manajemen energi.
5. Desain sistem distribusi.
6. Membantu dalam operasional sistem distribusi termasuk untuk pelatihan operator, membantu mempercepat proses perbaikan.

#### **2.14 Program WaterCAD V8i**

Program WaterCAD V8i merupakan aplikasi yang merupakan produksi dari Bentley Systems yang berfungsi sebagai aplikasi pemodelan dan manajemen distribusi air. Aplikasi WaterCAD V8i mempermudah operator untuk melakukan berbagai jenis perencanaan dan optimalisasi sistem jaringan distribusi air baku seperti:

- Menganalisis sistem jaringan distribusi air pada suatu kondisi waktu (permanen).
- Menganalisis tahapan-tahapan atau periodisasi simulasi pada sistem jaringan terhadap adanya kebutuhan air yang fluktuatif menurut waktu (kondisi tidak permanen).
- Menganalisis skenario perbandingan atau alternatif jaringan pada kondisi yang berlainan pada suatu *file* pekerjaan.
- Menganalisis kondisi jaringan pada saat kondisi ekstrim untuk keperluan pemadam kebakaran atau *hydrant (fire flow analysis)*.

- Menganalisis kualitas air pada sistem jaringan distribusi air baku.

### 2.13.1 Elemen WaterCAD V8i

Berdasarkan Haestad (2005), model distribusi air minum memiliki banyak jenis elemen *node*, termasuk *junction* dimana pipa bersambung, tangki penyimpanan dan *node* reservoir, *node* pompa, dan *node* katup kontrol. Dalam model distribusi, elemen *links* digunakan untuk menunjukkan pipa yang menghubungkan antara komponen *nodes*.

#### A. Reservoir

Istilah kata reservoir dalam model distribusi memiliki arti yang sedikit berbeda jika dibandingkan dengan jaringan distribusi pada kenyataannya. Reservoir menggambarkan sebuah *node* yang dapat menerima dan menyediakan air dalam suatu model dan tidak terpengaruh oleh banyaknya jumlah air sehingga *hydraulic grade* dari reservoir tidak mengalami perubahan. Reservoir di dalam model merupakan sumber air yang tidak terbatas, walaupun dalam kenyataannya tidak mungkin ada. Reservoir digunakan untuk menggambarkan sumber air yang *hydraulic gradenya* dipengaruhi oleh faktor-faktor selain tingkat penggunaan air. Danau, sumur air tanah, dan *clearwell* pada instalasi pengolahan air adalah sumber-sumber air yang biasanya digunakan sebagai reservoir dalam model distribusi.

#### B. Tangki

Elemen tangki penyimpanan air memiliki sifat yang hampir sama dengan reservoir, namun *hydraulic grade line* dari tangki mengalami fluktuasi seiring berubahnya *inflow* dan *outflow*. Tangki penyimpanan air memiliki volume yang terbatas, sehingga bisa penuh dan bisa kosong meskipun dalam desain dan operasi sistem kenyataannya hal-hal tersebut dihindari.

C. *Junction*

Fungsi utama dari *junction node* adalah sebagai pertemuan dua pipa atau lebih (persimpangan). Namun, *junction* juga terletak di ujung pipa yang disebut juga dengan *dead-end*. Fungsi lain dari *junction* adalah menyediakan tempat untuk mengambil air yang dibutuhkan dari sistem (*tapping*) atau untuk melakukan injeksi air ke dalam sistem dengan indikasi *demand* bernilai negatif.

D. *Pipa*

Pipa berfungsi untuk mengalirkan air dari satu *node* ke *node* lainnya dalam sistem distribusi. Pada kenyataannya pipa distribusi diproduksi dengan panjang sekitar 6 meter dan memiliki sambungan-sambungan pipa yang dihubungkan menjadi suatu sistem distribusi. Dalam program WaterCAD, setiap segmen pipa dan sambungannya digabungkan menjadi satu elemen guna mempermudah simulasi.

E. *Pompa*

Pompa merupakan elemen yang menambahkan tenaga ke sistem dalam bentuk peningkatan *hydraulic grade*. Pompa digunakan untuk menambah *head* pada titik yang diinginkan untuk mengatasi *head loss* dan perbedaan elevasi. Pompa adalah komponen penting dalam sistem distribusi, kecuali jika sistem tersebut memanfaatkan gaya gravitasi.

F. *Katup*

Katup adalah elemen yang dapat dibuka atau ditutup tergantung kebutuhan sistem. Katup dapat digunakan untuk mengatur aliran air yang ada dalam pipa. Katup dapat diklasifikasikan menjadi 5 kategori umum, yaitu:

- Katup Isolasi (*Isolation Valves*)
- Katup Arah (*Directional Valves*)
- Katup Ketinggian (*Altitude Valves*)
- Katup Pelepas Tekan (*Air Release and Vacuum Breaking Valves*)

- Katup Kontrol (*Control Valves*)
  - *Pressure Reducing/Regulating Valves (PRVs)*
  - *Pressure Sustaining Valves (PSVs)*
  - *Flow Control Valves (FCVs)*
  - *Throttle Control Valves (TCVs)*

### **2.13.2 Jenis Simulasi WaterCAD V8i**

Terdapat 2 jenis simulasi yang dapat digunakan tergantung kebutuhan observasi dan prediksi pengguna. Jenis simulasi tersebut adalah:

#### **A. *Steady-State Simulation***

Dalam simulasi ini, keadaan sistem distribusi (aliran air, tekanan, operasi pompa, status katup, dsb.) dihitung dengan asumsi kebutuhan air dan kondisi lainnya tidak mengalami perubahan terhadap waktu.

#### **B. *Extended-Period Simulation (EPS)***

Simulasi ini menentukan kondisi sistem distribusi seiring berubahnya waktu. Simulasi ini dijalankan dengan komputasi rangkaian *steady-state simulation* yang kebutuhan air dan kondisi sistemnya berubah terhadap waktu.

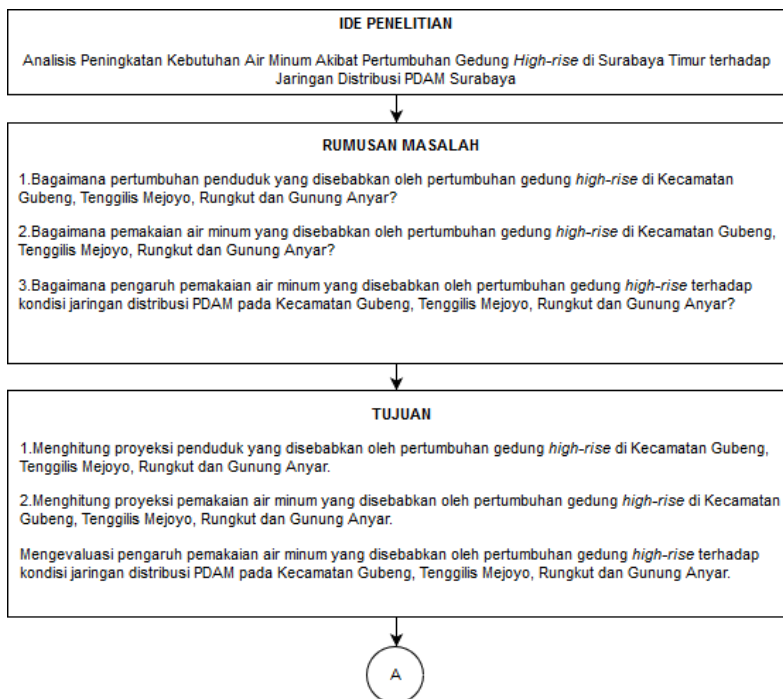


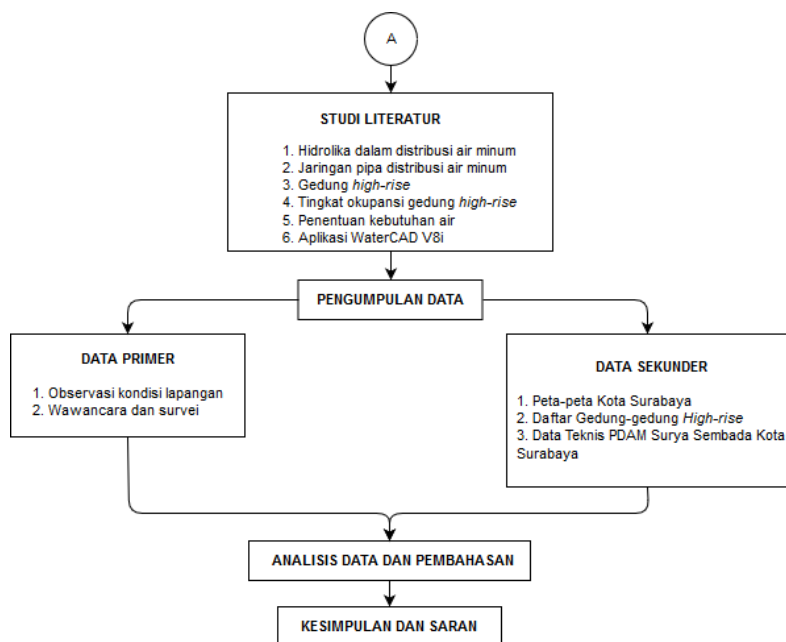
**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian dalam tugas akhir dibuat untuk memudahkan pelaksanaan perencanaan agar sistematis dan dijalankan dengan tujuan yang jelas. Kerangka penelitian merupakan gambaran umum yang disusun berdasarkan tahapan pelaksanaan. Kerangka penelitian pada tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.





**Gambar 3. 1 Kerangka Perencanaan**

### 3.2 Rangkaian Kegiatan Penelitian

Rangkaian kegiatan penelitian berisi penjelasan mengenai setiap langkah dalam kerangka penelitian yang telah dibuat dari awal sampai akhir, mulai dari ide penelitian hingga analisis data, pembahasan hasil dan kesimpulan. Berikut penjabaran rangkaian kegiatan pada tugas akhir ini:

#### 3.2.1 Ide Penelitian

Ide penelitian pada tugas akhir ini adalah Analisis Peningkatan Kebutuhan Air Minum akibat Pertumbuhan Gedung *High-rise* di Surabaya Timur terhadap Jaringan Distribusi PDAM Surabaya. Ide penelitian diperoleh dari pertumbuhan pembangunan gedung *high-rise* yang meningkat secara sangat signifikan dalam beberapa tahun terakhir terutama di dalam wilayah studi, sehingga menimbulkan kekhawatiran yang besar terkait kecukupan dan ketersediaan air di masa depan. Dengan

dasar tersebut, perencanaan ini dilakukan untuk memahami pengaruh dari peningkatan kebutuhan air minum tersebut terhadap kuantitas dan kontinuitas distribusi air minum oleh PDAM Surabaya.

### **3.2.2 Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pemahaman dasar terkait studi yang dilakukan sehingga mempermudah kegiatan pelaksanaan tugas akhir ini. Sumber literatur dapat diperoleh dari jurnal, buku, *paper*, *thesis*, tugas akhir dan literatur lainnya yang mendukung tugas akhir ini. Literatur yang mendukung tugas akhir ini meliputi:

- Hidrolika dalam distribusi air minum
- Jaringan pipa distribusi air minum
- Gedung *high-rise*
- Tingkat okupansi gedung *high-rise*
- Penentuan kebutuhan air minum
- Aplikasi WaterCAD V8i

### **3.2.3 Perijinan**

Perijinan dalam tugas akhir ini diawali dengan penyusunan proposal dan surat pengantar dari Departemen Teknik Lingkungan ITS yang ditujukan ke pihak-pihak terkait. Pihak yang terkait dalam studi ini meliputi Bakesbangpol Kota Surabaya, Bappeko Surabaya, DPRKCPK Provinsi Jawa Timur, PDAM Surya Sembada Kota Surabaya dan pengelola gedung-gedung *high-rise*. Perijinan yang ditujukan untuk Badan Kesatuan Bangsa, Politik dan Perlindungan Masyarakat (Bakesbangpol) Kota Surabaya adalah ijin untuk memperoleh izin penelitian serta surat rujukan ke instansi Bappeko Surabaya dan DPRKCPK Provinsi Jawa Timur. Perijinan yang ditujukan untuk Badan Perencanaan Pembangunan Kota (Bappeko) Surabaya adalah ijin untuk memperoleh data berupa peta Kota Surabaya. Perijinan yang ditujukan untuk Dinas Perumahan Rakyat, Kawasan Permukiman dan Cipta Karya adalah untuk memperoleh data berupa gedung-gedung *high-rise* di wilayah Surabaya Timur yang telah memiliki Izin Mendirikan Bangunan (IMB). Perijinan yang ditujukan untuk Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surya Sembada Kota Surabaya adalah untuk memperoleh data kondisi jaringan distribusi Kota Surabaya. Perijinan yang ditujukan untuk pengelola-pengelola gedung *high-*

*rise* di wilayah studi adalah untuk memperoleh data rencana proyek gedung *high-rise* yang akan dibangun.

### **3.2.4 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data perlu dilakukan untuk mendukung studi yang dilakukan. Data-data yang dikumpulkan dalam tugas akhir ini meliputi data primer dan data sekunder.

#### **a. Data Primer**

Data primer merupakan data-data yang diperoleh secara langsung dari sumber aslinya yang berupa survei, wawancara, jajak pendapat dari individu atau kelompok, hasil observasi dari suatu objek, atau dari hasil pengujian. Pengumpulan data-data primer pada tugas akhir ini meliputi:

- **Kondisi dan Lokasi Proyek Gedung *High-rise***

Kondisi proyek gedung *high-rise* dan area sekitarnya serta lokasi proyek gedung *high-rise* diperoleh dengan observasi langsung di lapangan.

- **Proyek Gedung *High-rise***

Data proyek gedung *high-rise* yang berada di dalam wilayah studi diperoleh dengan survei langsung ke pihak yang mengelola masing-masing gedung. Data-data yang dimaksud meliputi nama, lokasi dan tahun operasi gedung; jumlah, spesifikasi dan luas lantai; jumlah, spesifikasi dan jenis unit; dan proyeksi kebutuhan air.

#### **b. Data Sekunder**

Data sekunder adalah data-data yang diperoleh melalui media perantara atau secara tidak langsung yang berupa buku, catatan arsip dan bukti-bukti lainnya yang didapatkan dari sumber atau instansi yang terkait. Data-data sekunder yang diperlukan antara lain:

- **Peta Kota Surabaya**

Peta yang dimaksud adalah peta administrasi Kota Surabaya dan peta Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Surabaya. Peta administrasi digunakan untuk mengetahui batas-batas administratif Kota Surabaya. Peta RTRW digunakan untuk mengetahui

gambaran umum penggunaan wilayah Kota Surabaya serta rencana pengembangannya.

- Daftar Izin Mendirikan Bangunan (IMB)  
Data yang dimaksud merupakan daftar gedung-gedung *high-rise* yang telah mendapatkan IMB untuk melaksanakan pembangunan di Kota Surabaya. Permintaan data tersebut ditujukan untuk menentukan gedung-gedung *high-rise* yang akan masuk ke lingkup studi.
- Data Teknis PDAM Surya Sembada Kota Surabaya  
Data teknis meliputi Revisi Rencana Induk Sistem Penyediaan Air Minum (RISPAM) Kota Surabaya, peta jaringan distribusi, jenis dan kondisi pipa jaringan pipa distribusi, skema distribusi, peta zona pelayanan, kapasitas produksi dan kebutuhan air. Data ini digunakan untuk menganalisis kondisi jaringan distribusi eksisting serta jaringan distribusi proyeksi.

### **3.2.5 Pengolahan Data**

Pengolahan data dilakukan berdasarkan data-data primer dan sekunder yang telah dikumpulkan.

#### **a. Kapasitas Gedung**

Perhitungan kapasitas gedung-gedung *high-rise* dilakukan agar dapat memproyeksikan kebutuhan air. Perhitungan dilakukan berdasarkan data-data yang telah diperoleh dari pengelola-pengelola setiap gedung *high-rise*. Kapasitas gedung apartemen dan hotel dihitung berdasarkan jumlah dan jenis unitnya. Kapasitas gedung mall dan rumah toko dihitung berdasarkan luas lantai gedung.

#### **b. Kebutuhan Air**

Kebutuhan air yang digunakan dalam studi ini adalah kebutuhan air jam puncak. Kebutuhan air dihitung berdasarkan perhitungan kapasitas gedung dengan asumsi penggunaan air per orangnya masing-masing sesuai penggunaan gedungnya. Kebutuhan air total kemudian disesuaikan dengan tingkat okupansi per tahun sesuai penggunaan gedung sehingga diperoleh data kebutuhan air yang berbeda-beda per tahunnya.

c. Sistem Distribusi

Kondisi jaringan distribusi eksisting dapat diketahui dari hasil komputasi aplikasi WaterCAD V8i. Aspek yang ditinjau adalah ketersediaan air dan tekanan air.

### **3.2.6 Permodelan Jaringan Distribusi Eksisting**

Data-data eksisting yang telah diperoleh diaplikasikan menggunakan aplikasi WaterCAD V8i agar dapat melakukan analisis kondisi jaringan distribusi. Data-data yang dimasukkan ke dalam aplikasi WaterCAD V8i merupakan data-data primer dan sekunder. Hasil komputasi dari aplikasi WaterCAD V8i berupa tekanan air pipa dan titik-titik tertentu, debit dan data teknis lainnya. Hasil komputasi aplikasi WaterCAD V8i akan digunakan untuk menganalisis kondisi jaringan distribusi eksisting.

### **3.2.7 Permodelan Jaringan Distribusi Proyeksi**

Permodelan kondisi jaringan distribusi proyeksi dilakukan dengan menggunakan data kebutuhan air per tahun yang telah diolah. Data kebutuhan air dimasukkan ke dalam jaringan distribusi eksisting dengan aplikasi WaterCAD V8i sesuai gedung dan lokasinya masing-masing. Hasil komputasi dari aplikasi WaterCAD V8i akan menunjukkan perubahan dalam tekanan air pipa dan titik-titik tertentu, debit dan data teknis lainnya. Hasil komputasi tersebut kemudian dapat dianalisis perbedaannya dengan kondisi jaringan distribusi eksisting sehingga dapat dilihat pengaruh pertumbuhan gedung-gedung *high-rise* terhadap kondisi jaringan distribusinya.

### **3.2.8 Penyusunan Laporan**

Seluruh data yang telah diperoleh dan diolah serta hasil analisis dicantumkan ke dalam laporan tugas akhir. Sistematika laporan disesuaikan dengan Pedoman Penyusunan Laporan Tugas Akhir Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS. Laporan tugas akhir terdiri dari tiga bagian utama yaitu bagian awal, bagian pokok/inti dan bagian akhir. Penyusunan laporan tugas akhir menghasilkan kesimpulan yang menjawab rumusan masalah tugas akhir yang telah dicantumkan di bagian awal.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

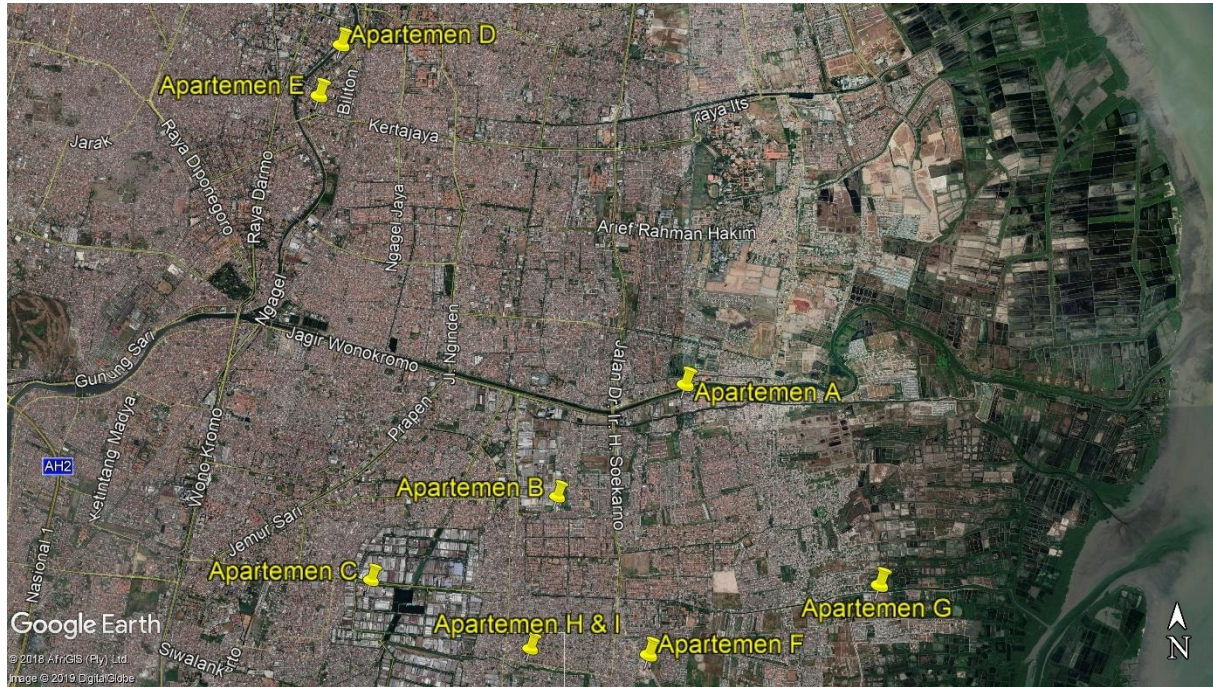
### 4.1 Gedung *High-rise*

Data terkait gedung *high-rise* yang masuk dalam lingkup tugas akhir ini didapatkan dari dua sumber. Sumber utama data tersebut adalah daftar gedung-gedung yang telah memiliki IMB di Kota Surabaya yang didapatkan dari DPRCKTR Kota Surabaya dan *Surabaya Property Market Report H1 2018* yang diterbitkan oleh PT. Colliers International sebagai pelengkap. Berdasarkan kedua sumber tersebut, berikut gedung-gedung *high-rise* yang termasuk dalam lingkup studi tugas akhir ini. Daftar gedung-gedung *high-rise* dan koordinatnya dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 serta lokasinya pada Gambar 4.1.

**Tabel 4. 1 Daftar Gedung *High-rise***

No.	Nama	Kecamatan	Penggunaan	Tahun Operasional
1	Apartemen A	Rungkut	Apartemen	2020
2	Apartemen B	Rungkut	Apartemen	2021
3	Apartemen C	Tenggiling Mejoyo	Apartemen & Mall	2018
4	Apartemen D	Gubeng	Apartemen & Hotel	2020
5	Apartemen E	Gubeng	Apartemen	2019
6	Apartemen F	Gunung Anyar	Apartemen & Mall	2019
7	Apartemen G	Gunung Anyar	Apartemen	2018
8	Apartemen H	Gunung Anyar	Apartemen	2020
9	Apartemen I	Gunung Anyar	Apartemen	2018





**Gambar 4. 1 Lokasi Gedung High-rise**  
*Sumber: Google Earth*

**Tabel 4. 2 Koordinat Gedung High-rise**

No.	Gedung	Koordinat	
1	Apartemen A	7°18'33.14" LS	112°47'18.30" BT
2	Apartemen B	7°19'18.28" LS	112°46'25.84" BT
3	Apartemen C	7°19'51.91" LS	112°45'9.29" BT
4	Apartemen D	7°16'12.26" LS	112°44'54.58" BT
5	Apartemen E	7°16'33.59" LS	112°44'45.55" BT
6	Apartemen F	7°20'22.60" LS	112°47'2.93" BT
7	Apartemen G	7°19'54.64" LS	112°48'37.68" BT
8	Apartemen H	7°20'17.01" LS	112°46'14.64" BT
9	Apartemen I	7°20'19.04" LS	112°46'14.79" BT

## 4.2 Kapasitas Gedung

Kapasitas gedung-gedung *high-rise* untuk gedung dengan fungsi apartemen dan hotel dihitung berdasarkan jumlah dan jenis unit yang akan dibangun. Gedung dengan fungsi mall dan ruko dihitung berdasarkan luas lantai efektif gedung. Luas lantai yang dimaksudkan adalah luas lantai yang dipakai untuk aktifitas manusia. Kapasitas yang dihitung pada sub bab ini adalah kapasitas dimana tingkat okupansi gedung adalah 100%. Kapasitas gedung dihitung berdasarkan data hasil survei, studi literatur, dan asumsi yang dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 sebagai berikut.

**Tabel 4. 3 Jumlah Unit per Gedung Apartemen & Hotel**

<b>Gedung</b>	<b>Jumlah Unit</b>					
	<b>Studio</b>	<b>1B</b>	<b>2B</b>	<b>3B</b>	<b>4B</b>	<b>Total</b>
Apartemen A	594	0	1.914	198	0	2.706
Apartemen B	0	666	0	282	78	1.026
Apartemen C	0	192	1.320	0	0	1.512
Apartemen D (Apartemen)	0	150	125	75	0	350
Apartemen D (Hotel)	0	100	75	25	0	200
Apartemen E	0	0	114	38	8	160
Apartemen F	0	913	451	11	0	1.375
Apartemen H	0	2.436	168	0	0	2.604
Apartemen I	0	301	171	2	0	474
Apartemen J	0	247	325	13	0	585

**Tabel 4. 4 Luas Lantai per Gedung Mall dan Ruko**

<b>Gedung</b>	<b>Penggunaan</b>	<b>Luas (m<sup>2</sup>)</b>
Apartemen A	Ruko	2.038
Apartemen B	-	0
Apartemen C	Mall	8.640
Apartemen D	-	0
Apartemen E	-	0
Apartemen F	Mall	26.857
	Ruko	4.786
Apartemen G	Mall	15.480
Apartemen H	Ruko	2.288
Apartemen I	Ruko	1.689

Berikut contoh perhitungan kapasitas gedung dari Apartemen F.

a. Kapasitas Gedung Apartemen & Hotel

Berdasarkan hasil survei, berikut jenis dan jumlah unit apartemen serta asumsi orang per unitnya:

- Studio (1 orang) = 0 unit
- 1 *Bedroom* (2 orang) = 913 unit
- 2 *Bedroom* (3 orang) = 451 unit
- 3 *Bedroom* (4 orang) = 11 unit
- 4 *Bedroom* (5 orang) = 0 unit
- Total = 1375 unit

Dari data tersebut, kapasitas gedung apartemen dapat dihitung:

- Studio = Jumlah Unit x Orang per Unit  
= 0 unit x 1 orang  
= 0 orang
- 1 *Bedroom* = 913 unit x 2 orang  
= 1.826 orang
- 2 *Bedroom* = 451 unit x 3 orang  
= 1.353 orang
- 3 *Bedroom* = 11 unit x 4 orang  
= 44 orang
- 4 *Bedroom* = 0 unit x 5 orang  
= 0 orang
- Total (orang) = 0 + 1.826 + 1.353 + 44 + 0  
= 3.223 orang

Maka, total kapasitas gedung Apartemen F adalah 3.223 orang. Cara perhitungan kapasitas gedung hotel sama dengan perhitungan kapasitas gedung apartemen di atas. Tabel 4.5 berikut ini merupakan hasil perhitungan kapasitas dari gedung-gedung apartemen & hotel dalam wilayah studi.

**Tabel 4. 5 Kapasitas Gedung Apartemen & Hotel**

<b>Gedung</b>	<b>Kapasitas</b>
Apartemen A	7.128
Apartemen B	2.928
Apartemen C	4.344
Apartemen D (Apartemen)	975
Apartemen D (Hotel)	525
Apartemen E	534
Apartemen F	3.223
Apartemen G	5.376
Apartemen H	1.123
Apartemen I	1.521

b. Kapasitas Gedung Fasilitas Lain

Berdasarkan Tabel 4.4, berikut luas lantai mall dan ruko Apartemen F:

- Mall = 26.857 m<sup>2</sup>
- Ruko = 4.786 m<sup>2</sup>

Dari data tersebut, dapat dihitung luas efektif dari setiap fasilitas. Asumsi perbandingan luas efektif untuk apartemen, mall dan ruko didapatkan dari Noerbambang (2005) dengan angka 45-50% untuk apartemen dan 55-60% untuk mall dan ruko.

- Mall = Luas Lantai x Persentase Luas Efektif  
= 26.857 m<sup>2</sup> x 60%  
= 16.114 m<sup>2</sup>
- Ruko = 4.786 m<sup>2</sup> x 60%  
= 2.872 m<sup>2</sup>

Maka, luas efektif gedung mall dan ruko dari apartemen Apartemen F adalah 16.114 m<sup>2</sup> dan 2.872 m<sup>2</sup> secara berturut-turut. Berdasarkan penelitian dari Razif dan Pitoyo (2014) mengenai kebutuhan air bersih rata-rata sepuluh pusat perbelanjaan di Kota Surabaya, luas ruang per orang yang ideal adalah 10 m<sup>2</sup>. Angka tersebut diambil dengan pertimbangan pusat perbelanjaan dirancang dengan luas lantai yang nyaman untuk pengunjung dan

menghindari pengunjung berdesakkan. Sehingga dapat dihitung jumlah pengguna per fasilitas dengan cara sebagai berikut.

- Mall = Luas Efektif ÷ Ruang per Orang  
 $= 16.114 \text{ m}^2 \div 10 \text{ m}^2$   
 $= 1.611,4 \text{ orang}$   
 $\approx 1.612 \text{ orang}$
- Ruko =  $2.872 \text{ m}^2 \div 10 \text{ m}^2$   
 $= 287,2 \text{ orang}$   
 $\approx 288 \text{ orang}$

Maka, kapasitas gedung mall dan ruko dari Apartemen F adalah 1.612 orang dan 288 orang berturut-turut. Hasil perhitungan kapasitas gedung mall dan ruko dapat dilihat pada Tabel 4.6.

**Tabel 4. 6 Kapasitas Gedung Mall dan Ruko**

Gedung	Fungsi	Luas Lantai	Luas Efektif	Kapasitas
Apartemen A	Ruko	2.038	1.223	123
Apartemen B	-	0	0	0
Apartemen C	Mall	8.640	5.184	519
Apartemen D	-	0	0	0
Apartemen E	-	0	0	0
Apartemen F	Mall	26.857	16.114	1.612
	Ruko	4.786	2.872	288
Apartemen G	Mall	15.480	9.288	929
Apartemen H	Ruko	2.288	1.373	138
Apartemen I	Ruko	1.689	1.013	102

### 4.3 Kebutuhan Air

Kebutuhan air dihitung berdasarkan tiap jenis penggunaan gedungnya. Pada sub bab ini, diberikan contoh perhitungan kebutuhan air rata-rata per hari, kebutuhan air jam puncak serta kebutuhan air per tahun Apartemen F.

#### 4.3.1 Kebutuhan Air Rata-rata

Menurut Noerbambang (2005), kebutuhan air rata-rata per orang setiap harinya untuk apartemen adalah sekitar 250 untuk apartemen mewah, sekitar 180 liter untuk apartemen menengah dan sekitar 120 liter untuk buangan. Untuk hotel/penginapan sebesar 250-300 liter, dan rumah toko sebesar 100-200 liter. Sedangkan untuk gedung mall diperoleh dari hasil survei salah satu mall di Surabaya yang sedang dalam proses pembangunan. Kebutuhan air rata-rata per orang setiap harinya untuk gedung mall diproyeksikan sebesar 70 liter per orang. Asumsi angka kebutuhan air rata-rata per orang setiap harinya diambil yang paling besar dari kisarannya masing-masing untuk mengakomodasi kebutuhan air karyawan gedung dan kebutuhan air untuk operasi gedung lainnya.

a. Apartemen

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Gedung} &= 3.223 \text{ orang} \\ \text{Kebutuhan Air/Orang} &= 250 \text{ L/orang} \\ \text{Kebutuhan Air Total (Q}_r\text{)} &= \text{Kapasitas Gedung} \times \text{Kebutuhan Air} \\ &= 3.223 \text{ orang} \times 250 \text{ L/orang} \\ &= 805.750 \text{ L/hari}\end{aligned}$$

b. Hotel

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Gedung} &= 0 \text{ orang} \\ \text{Kebutuhan Air/Orang} &= 300 \text{ L/orang} \\ \text{Q}_r &= 0 \text{ orang} \times 300 \text{ L/orang} \\ &= 0 \text{ L/hari}\end{aligned}$$

- c. Mall
  - Kapasitas Gedung = 1.612 orang
  - Kebutuhan Air/Orang = 70 L/orang
  - $Q_r$  = 1.612 orang x 70 L/orang
  - = 112.840 L/hari
- d. Ruko
  - Kapasitas Gedung = 288 orang
  - Kebutuhan Air/Orang = 200 L/orang
  - $Q_r$  = 288 orang x 200 L/orang
  - = 57.600 L/hari
- e. Total
  - $Q_r$  (L/hari) = 805.750 + 112.840 + 57.600
  - = 976.190 L/hari

Maka, jumlah kebutuhan air rata-rata untuk Apartemen F adalah 976.190 L/hari. Hasil perhitungan kebutuhan air rata-rata dapat dilihat pada Tabel 4.7.

#### **4.3.2 Kebutuhan Air Berdasarkan Okupansi**

Gedung-gedung *high-rise* pada tahun pertama beroperasi tidak mungkin mencapai 100% okupansi. Oleh karena itu, kebutuhan air per gedung disesuaikan dengan tingkat okupansinya setiap tahun. Tingkat okupansi gedung-gedung *high-rise* bervariasi menurut jenis dan daerahnya. Tingkat okupansi pada tugas akhir ini diperoleh dari hasil survei, studi literatur dan asumsi. Tingkat okupansi rata-rata gedung *high-rise* dapat dilihat pada Tabel 4.8.



**Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Rata-rata**

<b>Gedung</b>	<b>Penggunaan</b>	<b>Kapasitas (orang)</b>	<b>Kebutuhan Air (L/orang)</b>	<b>Kebutuhan Air Gedung (L/hari)</b>	<b>Kebutuhan Air Total (L/hari)</b>
Apartemen A	Apartemen	7.128	250	1.782.000	1.806.600
	Ruko	123	200	24.600	
Apartemen B	Apartemen	2.928	250	732.000	732.000
Apartemen C	Apartemen	4.344	250	1.086.000	1.122.330
	Mall	519	70	36.330	
Apartemen D	Apartemen	975	250	243.750	401.250
	Hotel	525	300	157.500	
Apartemen E	Apartemen	534	250	133.500	133.500
Apartemen F	Apartemen	3.223	250	805.750	976.190
	Mall	1.612	70	112.840	
	Ruko	288	200	57.600	
Apartemen G	Apartemen	5.376	250	1.344.000	1.409.030
	Mall	929	70	65.030	
Apartemen H	Apartemen	1.123	250	280.750	308.350
	Ruko	138	200	27600	
Apartemen I	Apartemen	1.521	250	380.250	400.650
	Ruko	102	200	20.400	

Penggunaan	Tingkat Okupansi				
	Tahun 1	Tahun 2	Tahun 3	Tahun 4	Tahun 5
Apartemen	40%	55%	70%	75%	80%
Hotel	50%	55%	60%	65%	70%
Mall	60%	65%	70%	75%	80%
Ruko	30%	45%	60%	75%	80%

**Tabel 4. 8 Tingkat Okupansi Gedung *High-rise***

Dibawah ini adalah contoh dari perhitungan kebutuhan air berdasarkan tingkat okupansi dari Apartemen F.

a. Apartemen

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan Air } (Q_r) &= 805.750 \text{ L/hari} \\
 \text{Kebutuhan Air Tahun 1 } (Q_1) &= \text{Kebutuhan Air } 100\% \times \\
 &\quad \text{Tingkat Okupansi} \\
 &= 805.750 \text{ L/hari} \times 40\% \\
 &= 322.300 \text{ L/hari} \\
 \text{Kebutuhan Air Tahun 2 } (Q_2) &= 805.750 \text{ L/hari} \times 55\% \\
 &= 443.163 \text{ L/hari} \\
 \text{Kebutuhan Air Tahun 3 } (Q_3) &= 805.750 \text{ L/hari} \times 70\% \\
 &= 564.025 \text{ L/hari} \\
 \text{Kebutuhan Air Tahun 4 } (Q_4) &= 805.750 \text{ L/hari} \times 75\% \\
 &= 604.313 \text{ L/hari} \\
 \text{Kebutuhan Air Tahun 5 } (Q_5) &= 805.750 \text{ L/hari} \times 80\% \\
 &= 644.600 \text{ L/hari}
 \end{aligned}$$

b. Hotel

$$\begin{aligned}
 Q_r &= 0 \text{ L/hari} \\
 Q_1 &= 0 \text{ L/hari} \times 50\% \\
 &= 0 \text{ L/hari} \\
 Q_2 &= 0 \text{ L/hari} \times 55\% \\
 &= 0 \text{ L/hari} \\
 Q_3 &= 0 \text{ L/hari} \times 60\% \\
 &= 0 \text{ L/hari} \\
 Q_4 &= 0 \text{ L/hari} \times 65\% \\
 &= 0 \text{ L/hari} \\
 Q_5 &= 0 \text{ L/hari} \times 70\% \\
 &= 0 \text{ L/hari}
 \end{aligned}$$

c. Mall

$$\begin{aligned}
 Q_r &= 112.840 \text{ L/hari} \\
 Q_1 &= 112.840 \text{ L/hari} \times 60\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 67.704 \text{ L/hari} \\
 Q_2 &= 112.840 \text{ L/hari} \times 65\% \\
 &= 73.346 \text{ L/hari} \\
 Q_3 &= 112.840 \text{ L/hari} \times 70\% \\
 &= 78.988 \text{ L/hari} \\
 Q_4 &= 112.840 \text{ L/hari} \times 75\% \\
 &= 84.630 \text{ L/hari} \\
 Q_5 &= 112.840 \text{ L/hari} \times 80\% \\
 &= 90.272 \text{ L/hari} \\
 \text{d. Ruko} \\
 Q_r &= 57.600 \text{ L/hari} \\
 Q_1 &= 57.600 \text{ L/hari} \times 30\% \\
 &= 17.280 \text{ L/hari} \\
 Q_2 &= 57.600 \text{ L/hari} \times 45\% \\
 &= 25.920 \text{ L/hari} \\
 Q_3 &= 57.600 \text{ L/hari} \times 60\% \\
 &= 34.560 \text{ L/hari} \\
 Q_4 &= 57.600 \text{ L/hari} \times 75\% \\
 &= 43.200 \text{ L/hari} \\
 Q_5 &= 57.600 \text{ L/hari} \times 80\% \\
 &= 46.080 \text{ L/hari} \\
 \text{e. Total} \\
 Q_1 \text{ (L/hari)} &= 322.300 + 0 + 67.704 + 17.280 \\
 &= 407.284 \text{ L/hari} \\
 Q_2 \text{ (L/hari)} &= 443.163 + 0 + 73.346 + 25.920 \\
 &= 542.429 \text{ L/hari} \\
 Q_3 \text{ (L/hari)} &= 564.025 + 0 + 78.988 + 34.560 \\
 &= 677.573 \text{ L/hari} \\
 Q_4 \text{ (L/hari)} &= 604.313 + 0 + 84.630 + 43.200 \\
 &= 732.143 \text{ L/hari} \\
 Q_5 \text{ (L/hari)} &= 644.600 + 0 + 90.272 + 46.080 \\
 &= 780.952 \text{ L/hari}
 \end{aligned}$$

Maka, kebutuhan air total Apartemen F berdasarkan tingkat okupansinya sebanyak 407.284 L/hari untuk tahun pertama, 542.429 L/hari untuk tahun kedua, 677.573 L/hari untuk tahun ketiga, 732.143 L/hari untuk tahun keempat dan 780.952 L/hari untuk tahun kelima. Hasil perhitungan dari kebutuhan air yang telah disesuaikan dengan tingkat okupansi dapat dilihat pada Tabel 4.9 sebagai berikut.

**Tabel 4. 9 Kebutuhan Air Berdasarkan Okupansi**

<b>Gedung</b>	<b>Penggunaan</b>	<b>Kebutuhan Air Gedung (L/hari)</b>	<b>Tahun 1 (L/hari)</b>	<b>Tahun 2 (L/hari)</b>	<b>Tahun 3 (L/hari)</b>	<b>Tahun 4 (L/hari)</b>	<b>Tahun 5 (L/hari)</b>
Apartemen A	Apartemen	1.782.000	712.800	980.100	1.247.400	1.336.500	1.425.600
	Ruko	24.600	7.380	11.070	14.760	18.450	19.680
Apartemen B	Apartemen	732.000	292.800	402.600	512.400	549.000	585.600
Apartemen C	Apartemen	1.086.000	434.400	597.300	760.200	814.500	868.800
	Mall	36.330	21.798	23.615	25.431	27.248	29.064
Apartemen D	Apartemen	243.750	97.500	134.063	170.625	182.813	195.000
	Hotel	157.500	78.750	86.625	94.500	102.375	110.250
Apartemen E	Apartemen	133.500	53.400	73.425	93.450	100.125	106.800
Apartemen F	Apartemen	805.750	322.300	443.163	564.025	604.313	644.600
	Mall	112.840	67.704	73.346	78.988	84.630	90.272
	Ruko	57.600	17.280	25.920	34.560	43.200	46.080
Apartemen G	Apartemen	1.344.000	537.600	739.200	940.800	1.008.000	1.075.200
	Mall	65.030	39.018	42.270	45.521	48.773	52.024
Apartemen H	Apartemen	280.750	112.300	154.413	196.525	210.563	224.600
	Ruko	27.600	8.280	12.420	16.560	20.700	22.080
Apartemen I	Apartemen	380.250	152.100	209.138	266.175	285.188	304.200
	Ruko	20.400	6.120	9.180	12.240	15.300	16.320

#### 4.3.3 Kebutuhan Air Jam Puncak

Kebutuhan air jam puncak merupakan banyaknya kebutuhan air terbesar pada saat jam tertentu dalam satu hari. Menurut Kalensun (2016), kisaran faktor jam puncak kota adalah 175-210%. Kebutuhan air jam puncak merupakan data yang akan dimasukkan ke dalam permodelan jaringan distribusi. Berikut merupakan perhitungan dari kebutuhan air jam puncak Apartemen F.

a. Apartemen

Berdasarkan penelitian dari Hadisoebroto, Astono dan Putra (2007) terkait pola pemakaian air bersih pada tiga apartemen, hasil yang didapat adalah faktor jam puncak pada apartemen tersebut berkisar antara 135-210%. Hasil tersebut dapat dijadikan referensi dalam asumsi faktor jam puncak pada tugas akhir ini.

Kebutuhan Air Tahun 1 ( $Q_1$ ) = 338.415 L/hari

Kebutuhan Air Jam Puncak Tahun 1 ( $Q_{jp1}$ )

=  $Q_1 \div 86.400 \text{ s/hari} \times F_{jp}$

=  $338.415 \text{ L/hari} \div 86.400 \text{ s/hari} \times 210\%$

= 7,83 L/s

Kebutuhan Air Tahun 2 ( $Q_2$ ) = 443.163 L/hari

Kebutuhan Air Jam Puncak Tahun 2 ( $Q_{jp2}$ )

=  $Q_2 \div 86.400 \text{ s/hari} \times F_{jp}$

=  $443.163 \text{ L/hari} \div 86.400 \text{ s/hari} \times 210\%$

= 10,77 L/s

Kebutuhan Air Tahun 3 ( $Q_3$ ) = 555.968 L/hari

Kebutuhan Air Jam Puncak Tahun 3 ( $Q_{jp3}$ )

=  $Q_3 \div 86.400 \text{ s/hari} \times F_{jp}$

=  $555.968 \text{ L/hari} \div 86.400 \text{ s/hari} \times 210\%$

= 13,71 L/s

Kebutuhan Air Tahun 4 ( $Q_4$ ) = 604.313 L/hari

Kebutuhan Air Jam Puncak Tahun 4 ( $Q_{jp4}$ )

=  $Q_4 \div 86.400 \text{ s/hari} \times F_{jp}$

=  $604.313 \text{ L/hari} \div 86.400 \text{ s/hari} \times 210\%$

= 14,69 L/s

Kebutuhan Air Tahun 5 ( $Q_5$ ) = 644.600 L/hari

Kebutuhan Air Jam Puncak Tahun 5 ( $Q_{jp5}$ )

=  $Q_5 \div 86.400 \text{ s/hari} \times F_{jp}$

$$= 644.600 \text{ L/hari} \div 86.400 \text{ s/hari} \times 210\%$$

$$= 15,67 \text{ L/s}$$

b. Hotel

Berdasarkan penelitian dari Wicaksi (2007) mengenai faktor jam puncak pemakaian air bersih pada dua hotel di Kota Surabaya, faktor jam puncak untuk dua hotel yang diteliti berkisar antara 234-396% dimana angka tersebut jauh lebih besar daripada faktor jam puncak kota. Mengacu pada hasil tersebut, faktor jam puncak hotel diasumsikan 300%.

$$Q_1 = 0 \text{ L/hari}$$

$$Q_{jp1} = 0 \text{ L/hari} \div 86.400 \text{ s/hari} \times 300\%$$

$$= 0 \text{ L/s}$$

$$Q_2 = 0 \text{ L/hari}$$

$$Q_{jp2} = 0 \text{ L/hari} \div 86.400 \text{ s/hari} \times 300\%$$

$$= 0 \text{ L/s}$$

$$Q_3 = 0 \text{ L/hari}$$

$$Q_{jp3} = 0 \text{ L/hari} \div 86.400 \text{ s/hari} \times 300\%$$

$$= 0 \text{ L/s}$$

$$Q_4 = 0 \text{ L/hari}$$

$$Q_{jp4} = 0 \text{ L/hari} \div 86.400 \text{ s/hari} \times 300\%$$

$$= 0 \text{ L/s}$$

$$Q_5 = 0 \text{ L/hari}$$

$$Q_{jp5} = 0 \text{ L/hari} \div 86.400 \text{ s/hari} \times 300\%$$

$$= 0 \text{ L/s}$$

c. Mall

Menurut Razif dan Pitoyo (2014) pada penelitian faktor jam puncak pemakaian air bersih dua pusat pertokoan di Kota Surabaya, faktor jam puncak untuk dua pusat pertokoan yang diteliti berkisar antara 245-394%. Dalam tugas akhir ini, diasumsikan faktor jam puncak untuk mall adalah 300%.

$$Q_1 = 82.373 \text{ L/hari}$$

$$Q_{jp1} = 82.373 \text{ L/hari} \div 86.400 \text{ s/hari} \times 300\%$$

$$= 2,35 \text{ L/s}$$

$$Q_2 = 88.015 \text{ L/hari}$$

$$Q_{jp2} = 88.015 \text{ L/hari} \div 86.400 \text{ s/hari} \times 300\%$$

$$= 2,55 \text{ L/s}$$

$$Q_3 = 95.914 \text{ L/hari}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{jp3} &= 95.914 \text{ L/hari} \div 86.400 \text{ s/hari} \times 300\% \\
 &= 2,74 \text{ L/s} \\
 Q_4 &= 100.428 \text{ L/hari} \\
 Q_{jp4} &= 100.428 \text{ L/hari} \div 86.400 \text{ s/hari} \times 300\% \\
 &= 2,94 \text{ L/s} \\
 Q_5 &= 106.070 \text{ L/hari} \\
 Q_{jp5} &= 106.070 \text{ L/hari} \div 86.400 \text{ s/hari} \times 300\% \\
 &= 3,13 \text{ L/s}
 \end{aligned}$$

d. Ruko

Belum ada penelitian yang dapat dijadikan acuan untuk faktor jam puncak ruko, maka untuk faktor jam puncak ruko pada tugas akhir ini diasumsikan 200%.

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= 16.128 \text{ L/hari} \\
 Q_{jp1} &= 16.128 \text{ L/hari} \div 86.400 \text{ s/hari} \times 200\% \\
 &= 0,4 \text{ L/s} \\
 Q_2 &= 23.616 \text{ L/hari} \\
 Q_{jp2} &= 23.616 \text{ L/hari} \div 86.400 \text{ s/hari} \times 200\% \\
 &= 0,6 \text{ L/s} \\
 Q_3 &= 34.560 \text{ L/hari} \\
 Q_{jp3} &= 34.560 \text{ L/hari} \div 86.400 \text{ s/hari} \times 200\% \\
 &= 0,8 \text{ L/s} \\
 Q_4 &= 43.776 \text{ L/hari} \\
 Q_{jp4} &= 43.776 \text{ L/hari} \div 86.400 \text{ s/hari} \times 200\% \\
 &= 1 \text{ L/s} \\
 Q_5 &= 50.112 \text{ L/hari} \\
 Q_{jp5} &= 50.112 \text{ L/hari} \div 86.400 \text{ s/hari} \times 200\% \\
 &= 1,07 \text{ L/s}
 \end{aligned}$$

e. Total

$$\begin{aligned}
 Q_{jp1} \text{ (L/s)} &= 7,83 + 0 + 2,35 + 0,4 \\
 &= 10,58 \text{ L/s} \\
 Q_{jp2} \text{ (L/s)} &= 10,77 + 0 + 2,55 + 0,6 \\
 &= 13,92 \text{ L/s} \\
 Q_{jp3} \text{ (L/s)} &= 13,71 + 0 + 2,74 + 0,8 \\
 &= 17,25 \text{ L/s} \\
 Q_{jp4} \text{ (L/s)} &= 14,69 + 0 + 2,94 + 1 \\
 &= 18,63 \text{ L/s} \\
 Q_{jp5} \text{ (L/s)} &= 15,67 + 0 + 3,13 + 1,07 \\
 &= 19,87 \text{ L/s}
 \end{aligned}$$

Maka, total kebutuhan air Apartemen F pada jam puncak untuk tahun pertama adalah 10,58 L/s, untuk tahun kedua 13,92 L/s, untuk tahun ketiga 17,25 L/s, untuk tahun keempat 18,63 L/s dan untuk tahun kelima 19,87 L/s. Hasil perhitungan kebutuhan air jam puncak dari setiap gedung *high-rise* dapat dilihat pada Tabel 4.10.

#### **4.4 Model Jaringan Distribusi**

Permodelan jaringan distribusi pada tugas akhir ini dilakukan dengan menggunakan program WaterCAD V8i. Tujuan dari pembuatan model jaringan distribusi ini adalah untuk mempermudah analisis dan perbandingan kondisi jaringan distribusi eksisting dengan kondisi jaringan distribusi proyeksi.

##### **4.4.1 Jaringan Distribusi Eksisting**

Model jaringan distribusi eksisting dibuat sebagai dasar atau kondisi awal yang akan digunakan sebagai pembanding dalam tugas akhir ini. Wilayah studi tugas akhir ini termasuk dalam bagian dari area pelayanan PDAM Zona 1 (Kecamatan Tenggilis Mejoyo, Rungkut dan Gunung Anyar) dan Zona 2 (Kecamatan Gubeng). Oleh karena itu, jaringan distribusi PDAM untuk seluruh Kota Surabaya dipotong menyesuaikan dengan wilayah studi untuk membuat model jaringan distribusi eksisting dalam program WaterCAD. Peta zona pelayanan PDAM serta peta jaringan distribusi PDAM untuk seluruh Kota Surabaya dapat dilihat pada Lampiran A.

Perpotongan dalam model jaringan distribusi dilakukan pada *junction* pertama di luar wilayah studi. Namun dilakukan pengecualian dimana IPAM Ngagel I, Ngagel II dan Ngagel III dimasukkan ke dalam jaringan distribusi untuk kepentingan simulasi model. Perpotongan tersebut menghasilkan beberapa *junction* dengan aliran masuk dan keluar, dimana terdapat 11 *junction* aliran masuk dan 23 *junction* aliran keluar. ID *junction* tersebut beserta alirannya dapat dilihat pada Tabel 4.11 untuk aliran masuk dan Tabel 4.12 untuk aliran keluar. Untuk menyimulasikan aliran masuk, dimasukkan data *demand* pada *junction* hasil perpotongan dengan nilai negatif. Nilai *demand* yang dimasukkan sesuai dengan aliran air yang masuk dan keluar pada pipa hasil simulasi seluruh Kota Surabaya sebelum dilakukan perpotongan. Titik-titik perpotongan jaringan dengan *junction* aliran masuk dapat dilihat pada Gambar 4.2.

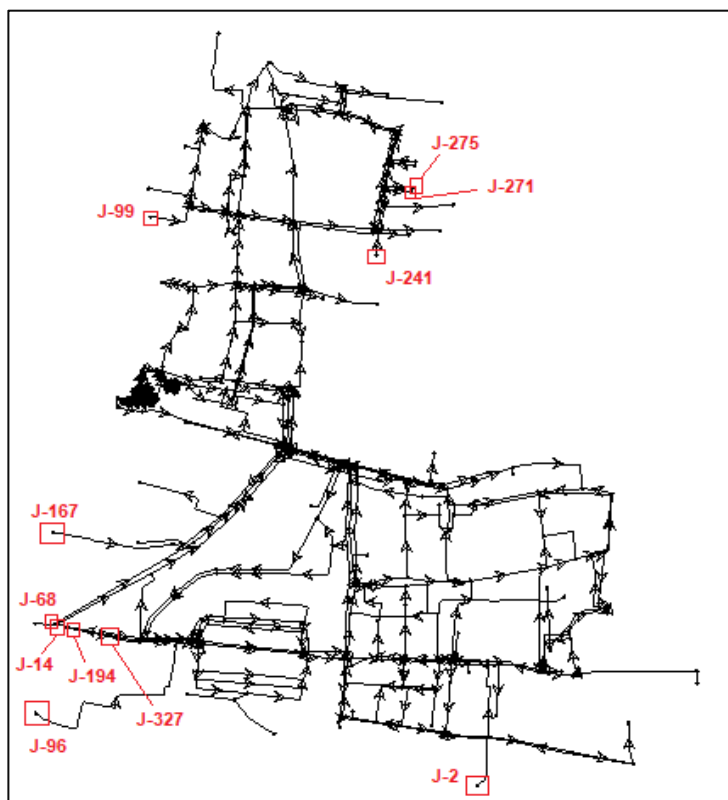


**Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Jam Puncak**

<b>Gedung</b>	<b>Kebutuhan Air Gedung (L/s)</b>	<b>Tahun 1 (L/s)</b>	<b>Tahun 2 (L/s)</b>	<b>Tahun 3 (L/s)</b>	<b>Tahun 4 (L/s)</b>	<b>Tahun 5 (L/s)</b>
Apartemen A	43,88	17,5	24,08	30,66	32,91	35,11
Apartemen B	17,79	7,12	9,79	12,45	13,34	14,23
Apartemen C	27,66	11,32	15,34	19,36	20,74	22,13
Apartemen D	11,39	5,1	6,27	7,43	8	8,57
Apartemen E	3,24	1,30	1,78	2,27	2,43	2,6
Apartemen F	24,84	10,58	13,92	17,25	18,63	19,87
Apartemen G	34,92	14,42	19,43	24,45	26,19	27,94
Apartemen H	7,46	2,92	4,04	5,16	5,6	5,97
Apartemen I	9,71	3,84	5,3	6,75	7,29	7,77

**Tabel 4. 11 *Junction* Aliran Masuk**

Junction ID	Demand (L/s)
J-2	-970.4
J-14	-4.3
J-68	-48
J-99	-166.9
J-96	-52
J-167	-33.3
J-194	-61.1
J-241	-550.4
J-271	-7.4
J-275	-7.7
J-327	-14.4



**Gambar 4. 2 Lokasi Perpotongan Aliran Masuk**

**Tabel 4. 12 *Junction* Aliran Keluar**

<b>Junction ID</b>	<b>Demand (L/s)</b>
J-13	43.6
J-21	89
J-82	59.3
J-104	12.7
J-137	4.8
J-165	38.4
J-170	12.5
J-185	103
J-191	64.1
J-260	45.3
J-263	69.1
J-270	16.8
J-277	0.1
J-282	48
J-315	13.7
J-318	210.3
J-319	579.9
J-338	278.7
J-346	278.3
J-353	132.9
J-354	0
J-362	40.5
J-366	99.4

Komponen-komponen fisik dari jaringan distribusi eksisting sama dengan jaringan distribusi yang diperoleh dari PDAM. Komponen-komponen tersebut meliputi:

- Lokasi, panjang, diameter dan jenis pipa distribusi.
- Lokasi, elevasi dan *demand junction*.
- Lokasi, elevasi, spesifikasi dan definisi pompa.
- Lokasi, elevasi, diameter dan spesifikasi katup.
- Lokasi, elevasi dan spesifikasi reservoir.
- Status komponen (aktif atau tidak aktif).

#### 4.4.2 Simulasi Jaringan Distribusi Eksisting

Berdasarkan Revisi RISPAM 2014-2035, air bersih wilayah studi dilayani oleh IPAM Ngagel I, Ngagel II, Ngagel III dan Karangpilang III. IPAM Ngagel I memproduksi 1.800 L/s, IPAM Ngagel II 1.000 L/s, IPAM Ngagel III 1.750 L/s dan IPAM Karangpilang III 2.000 L/s. Sehingga, jumlah air bersih yang tersedia untuk wilayah studi adalah 4.550 L/s dari IPAM Ngagel dan 2.000 L/s. Namun, IPAM tersebut tidak hanya melayani wilayah studi secara eksklusif. IPAM Ngagel I juga melayani sebagian Surabaya Pusat dan Selatan, IPAM Ngagel II sebagian Surabaya Pusat, IPAM Ngagel III sebagian Surabaya Utara dan IPAM Karangpilang III sebagian Surabaya Pusat, Utara dan Selatan.

Simulasi yang dilakukan pada tugas akhir ini merupakan simulasi dengan keadaan yang tidak berubah atau *Steady State Simulation*. Dengan kata lain, kebutuhan air atau *demand* dalam sistem distribusi selalu sama, tidak mengalami fluktuasi yang dipengaruhi oleh jam. Komponen-komponen fisik yang ada dalam jaringan distribusi beserta statusnya disesuaikan dengan skenario jaringan distribusi oleh PDAM pada tahun 2015. Pada simulasi jaringan eksisting ini digunakan 4 buah reservoir, yang terdiri dari reservoir Ngagel I, Ngagel II (1), Ngagel II (2) dan Ngagel 3. Katup yang dipakai terdiri dari 2 jenis yaitu *Throttle Control Valve* (TCV) sebanyak 25 buah dan *Pressure Regulating Valve* (PRV) sebanyak 1 buah. Pompa yang digunakan dalam wilayah studi berjumlah 34 yang tersebar di IPAM Ngagel. Pipa dan *junction* yang digunakan berjumlah 526 pipa dan 374 *junction*. Status dan spesifikasi komponen-komponen tersebut serta hasil komputasi simulasinya dapat dilihat pada Lampiran C.

Hasil simulasi jaringan distribusi menunjukkan tekanan pada setiap *junction* dalam jaringan distribusi dalam bentuk *color coding* atau warna yang berbeda beda. Simulasi jaringan distribusi eksisting menunjukkan tekanan pada Kecamatan Tenggilis Mejoyo, Rungkut dan Gunung Anyar berada pada titik aman dimana tekanan airnya tidak ada yang lebih rendah dari 20 mH<sub>2</sub>O. Sedangkan pada Kecamatan Gubeng, tekanan pada *junction* yang ada bervariasi dimana sebagian besar berkisar antara 5,1 – 14,9 mH<sub>2</sub>O.

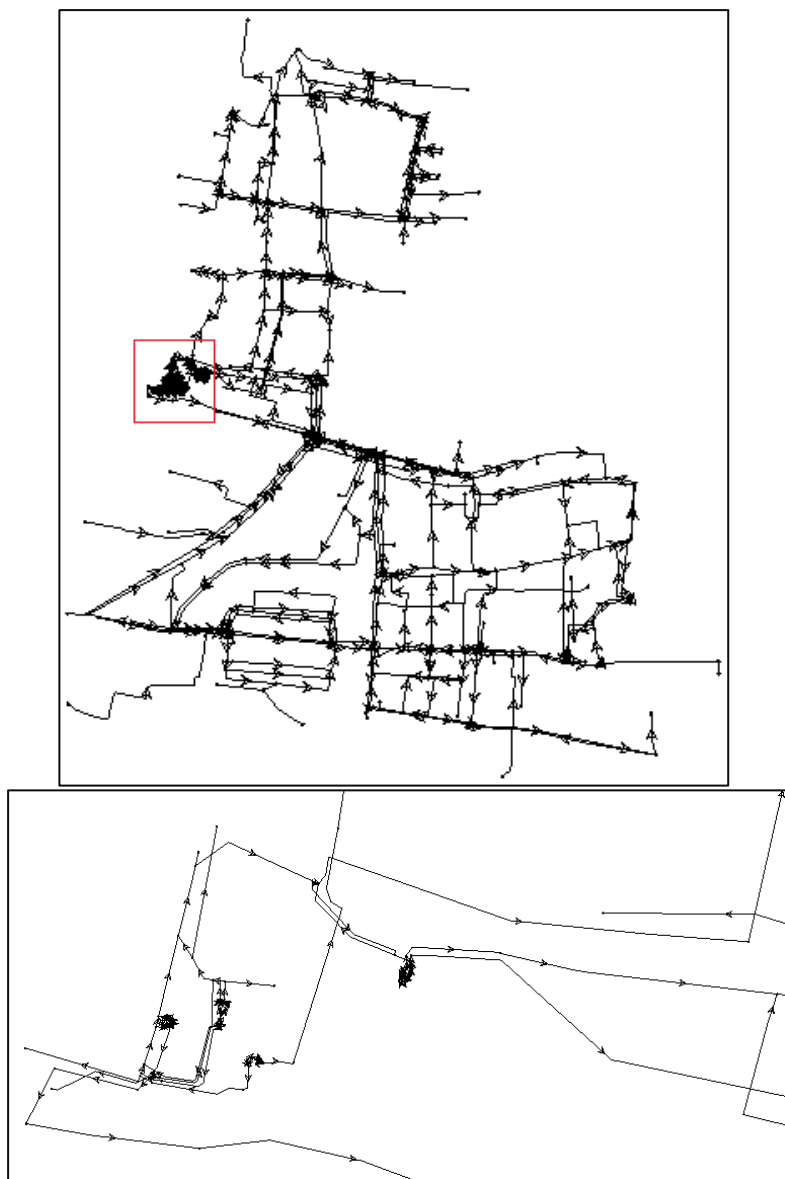
Hasil simulasi jaringan distribusi eksisting ini dijadikan dasar dan pembandingan dengan hasil simulasi jaringan distribusi proyeksi pada tahun-tahun berikutnya. Pada akhir simulasi, akan dapat dilihat perubahan tekanan jaringan distribusi dari tahun ke tahun dimulai dari tahun 2018 sampai dengan tahun 2025. Gambar hasil simulasi jaringan distribusi eksisting dapat dilihat pada Lampiran B.

#### 4.4.3 Jaringan Distribusi Proyeksi

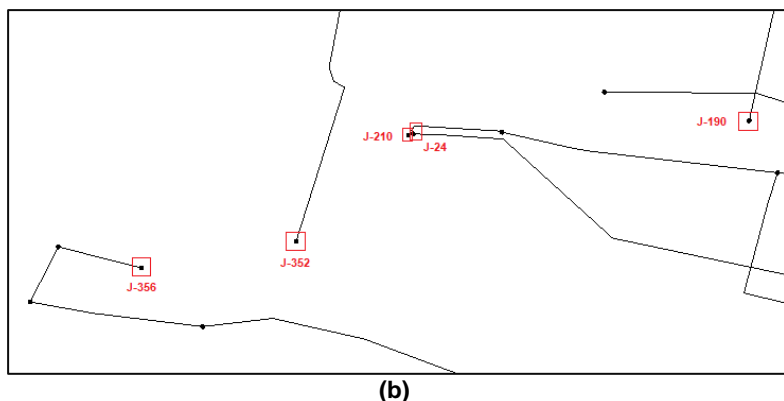
Model jaringan distribusi proyeksi mengacu pada jaringan distribusi eksisting yang telah dibuat. Namun, terdapat beberapa perubahan pada jaringan pada program WaterCAD untuk menyesuaikan dengan kondisi distribusi. Perubahan yang pertama adalah penghapusan reservoir dan pompa pada IPAM Ngagel I, Ngagel II dan Ngagel III. Penghapusan tersebut dilakukan untuk menyimulasikan kondisi eksisting IPAM Ngagel dimana IPAM tersebut telah mencapai kapasitas penuh sehingga tidak memungkinkan adanya penambahan pasokan air untuk melayani wilayah studi. Oleh karena itu, pipa yang keluar dari IPAM Ngagel dipotong dan dimasukkan *demand* dengan nilai negatif untuk menyimulasikan air dengan aliran masuk. ID *Junction* dan *demand* titik perpotongan serta gambar detail perubahan ini dapat dilihat pada Tabel 4.13 dan Gambar 4.3.

**Tabel 4. 13 *Junction* Perpotongan IPAM Ngagel**

<b>Junction ID</b>	<b>Demand (L/s)</b>
J-24	-429
J-190	-401.9
J-352	-144.4
J-356	-43.4
J-210	-6



(a)

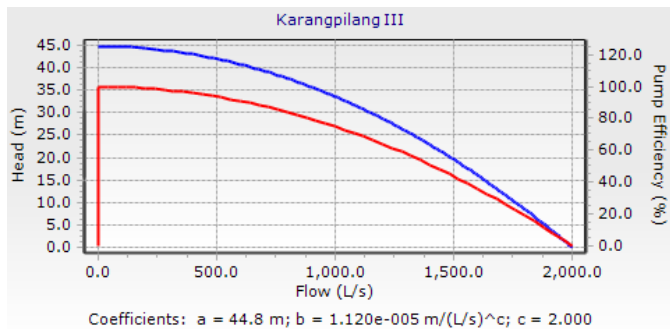


**Gambar 4. 3 Kondisi Jaringan IPAM Ngagel**  
**(a) Sebelum Perpotongan (b) Sesudah Perpotongan**

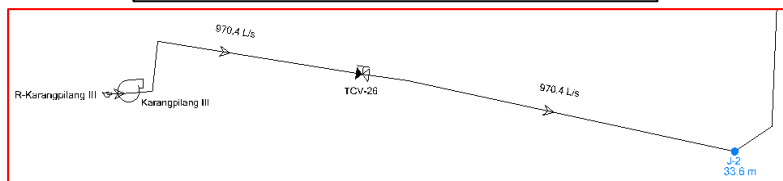
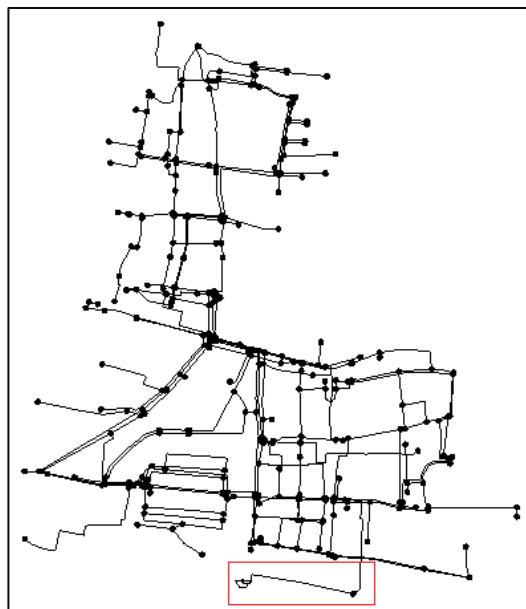
Perubahan kedua yang dilakukan adalah penambahan reservoir pada pipa yang mengalirkan pasokan air dari IPAM Karangpilang III. Karena IPAM Ngagel telah mencapai kapasitas produksi penuh sedangkan IPAM Karangpilang III belum mencapai kapasitas penuh, maka penambahan pasokan air hanya dapat terjadi dari IPAM Karangpilang III. Penambahan reservoir diiringi dengan penambahan pompa *booster* untuk meningkatkan tekanan masuk ke jaringan distribusi. Untuk mendapatkan simulasi yang sesuai, maka dibuat definisi yang baru untuk pompa tersebut dinamakan “Karangpilang III”. Kapasitas maksimum pompa direncanakan 2.000 L/s yaitu sesuai dengan kapasitas produksi maksimum dari IPAM Karangpilang III dan *head* pompa disesuaikan dengan tekanan sisa hasil simulasi pada titik tersebut yaitu 33,6 m. Definisi pompa dan kurvanya dapat dilihat pada Tabel 4.14 dan Gambar 4.4. Gambar lokasi penambahan reservoir dan pompa dapat dilihat pada Gambar 4.5.

**Tabel 4. 14 Definisi Pompa Karangpilang III**

	<b>Flow (L/s)</b>	<b>Head (m)</b>
Shutoff	0	44.8
Design	1,000.00	33.6
Max. Operating	2,000.00	0



**Gambar 4. 4 Kurva Pompa Karangpilang III**



**Gambar 4. 5 Lokasi Reservoir dan Pompa**



Pada jaringan distribusi proyeksi ini akan mulai dimasukkan data kebutuhan air jam puncak dari gedung-gedung *high-rise* yang telah dihitung per tahun sesuai dengan tingkat okupansinya. Pemasukkan kebutuhan air dilakukan sesuai dengan tahun operasinya, sebagai contoh gedung yang mulai beroperasi tahun 2020 baru akan dimasukkan ke simulasi jaringan distribusi tahun 2020 sebagai kebutuhan air gedung tahun 1. Bagi gedung-gedung yang telah melewati simulasi selama 5 tahun, maka kebutuhan air pada tahun-tahun selanjutnya diasumsikan sama. Hal tersebut dilakukan karena setelah 5 tahun, tingkat okupansi gedung relatif tetap.

Penambahan pipa dan *junction* dilakukan pada tahap ini untuk menghubungkan gedung-gedung *high-rise* dengan jaringan distribusi. Diameter pipa gedung *high-rise* dihitung berdasarkan kebutuhan air gedung total pada okupansi 100%. Berikut contoh dari perhitungan diameter pipa gedung Apartemen F.

$$\begin{aligned} \text{Demand (Q)} &= 976.190 \text{ l/hari} \\ &= 11,3 \text{ l/s} \\ &= 0,011 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\text{Rencana kecepatan (v)} = 1 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} Q &= A \times v \\ &= \frac{1}{4} \pi D^2 \times v \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, diameter (D)} &= \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,011 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 1 \text{ m/s}}} \\ &= 0,12 \text{ m} \\ &= 119,97 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diameter pipa yang ada di pasaran paling mendekati dan lebih besar dari diameter berdasarkan perhitungan di atas adalah 125 mm. Kemudian dilakukan pengecekan kecepatan untuk pipa dengan diameter yang telah dipilih.

$$\begin{aligned} \text{Cek kecepatan (v)} &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{Q}{\frac{1}{4} \pi D^2} \\ &= \frac{0,011 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{1}{4} \pi (0,125 \text{ m})^2} \\ &= 0,921 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan pengecekan kecepatan mendekati rencana kecepatan yaitu 1 m/s dan memenuhi kriteria kecepatan minimal 0,3 m/s dalam pipa. Maka, diameter pipa tersebut dinyatakan layak untuk digunakan.

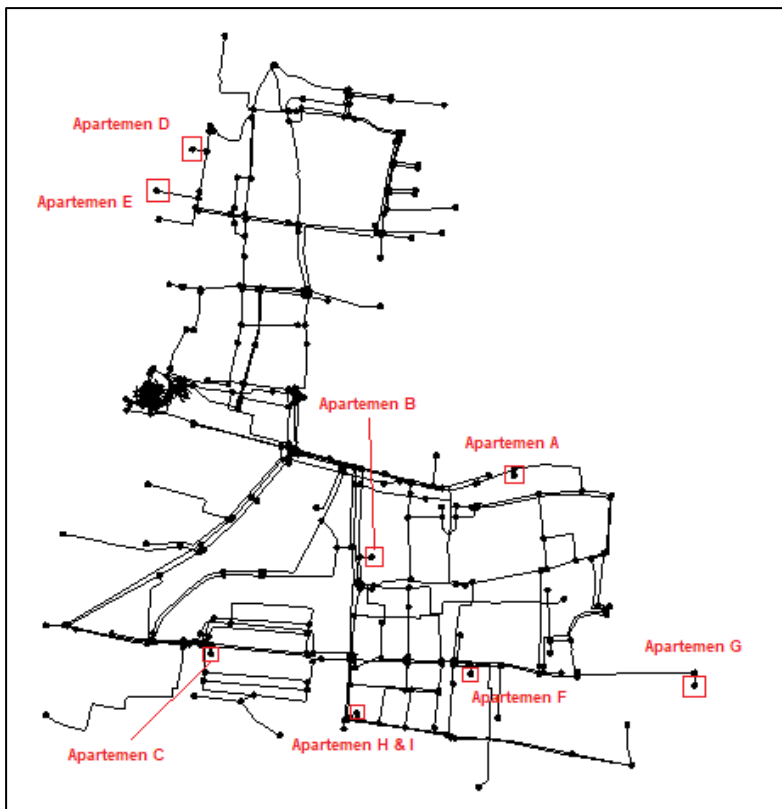
Hasil perhitungan diameter pipa gedung dapat dilihat pada Tabel 4.15 dan data tambahan *junction* dapat dilihat pada Tabel 4.16. Gambar lokasi penambahan pipa dan *junction* dapat dilihat pada Gambar 4.7.

**Tabel 4. 15 Hasil Perhitungan Diameter Pipa**

Pipe ID	Demand (l/hari)	Panjang (m)	Diameter Pipa (mm)	Diameter Pipa Pakai (mm)	Cek Kecepatan (m/s)
Apartemen A	1.806.600	82	163.21	200	0.67
Apartemen B	732.000	155	103.89	125	0.69
Apartemen C	1.122.330	104	128.64	150	0.74
Apartemen D	401.250	190	76.92	100	0.59
Apartemen E	133.500	557	44.37	75	0.35
Apartemen F	976.190	105	119.97	125	0.92
Apartemen G	1.409.030	1.707	144.13	150	0.92
Apartemen H&I	709.000	85	102.24	125	0.67

**Tabel 4. 16 Data Tambahan *Junction* Gedung**

Junction ID	Elevation (m)
Apartemen A	0.8
Apartemen B	1.3
Apartemen C	2
Apartemen D	5.7
Apartemen E	5
Apartemen F	0.7
Apartemen G (1)	0
Apartemen G (2)	0
Apartemen H & I	1.9



**Gambar 4. 6 Lokasi Penambahan Pipa dan Junction**

#### **4.4.4 Simulasi Jaringan Distribusi Proyeksi**

Simulasi jaringan distribusi proyeksi dilakukan untuk setiap tahun proyeksi dengan *Steady State Simulation*. Simulasi dilakukan dengan penambahan kebutuhan air dari gedung-gedung *high-rise* setiap tahun untuk tahun 2018 sampai dengan tahun 2025. Simulasi dilakukan tanpa ada pengaruh dari pertumbuhan penduduk sekitar, yang berarti bahwa perubahan-perubahan dalam simulasi ini hanya dipengaruhi oleh pertumbuhan gedung-gedung *high-rise* di wilayah studi. Data kebutuhan air yang ditambahkan serta hasil komputasi simulasi dapat dilihat pada

Tabel 4.17 sampai Tabel 4.24 berikut ini. Gambar hasil simulasi dapat dilihat pada Lampiran D.

**Tabel 4. 17 *Junction* Gedung High-rise Tahun 2018**

<b>Junction ID</b>	<b>Demand (L/s)</b>	<b>Pressure (mH<sub>2</sub>O)</b>
Apartemen A	0	19,4
Apartemen B	0	20,3
Apartemen C	11,32	25,3
Apartemen D	0	<b>7,1</b>
Apartemen E	0	<b>7,9</b>
Apartemen F	0	20,9
Apartemen G	14,42	20,7
Apartemen H	0	22
Apartemen I	3,84	22

**Tabel 4. 18 *Junction* Gedung High-rise Tahun 2019**

<b>Junction ID</b>	<b>Demand (L/s)</b>	<b>Pressure (mH<sub>2</sub>O)</b>
Apartemen A	0	17,8
Apartemen B	0	18,9
Apartemen C	15,34	23,6
Apartemen D	0	<b>5,3</b>
Apartemen E	1,3	<b>6</b>
Apartemen F	10,58	17,5
Apartemen G	19,43	18,2
Apartemen H	0	20,9
Apartemen I	5,3	20,9

**Tabel 4. 19 Junction Gedung High-rise Tahun 2020**

<b>Junction ID</b>	<b>Demand (L/s)</b>	<b>Pressure (mH<sub>2</sub>O)</b>
Apartemen A	17,5	13,5
Apartemen B	0	15,9
Apartemen C	19,36	20,9
Apartemen D	5,1	<b>0,2</b>
Apartemen E	1,78	<b>0,9</b>
Apartemen F	13,92	13,7
Apartemen G	24,45	14,2
Apartemen H	2,92	18,5
Apartemen I	6,75	18,5

**Tabel 4. 20 Junction Gedung High-rise Tahun 2021**

<b>Junction ID</b>	<b>Demand (L/s)</b>	<b>Pressure (mH<sub>2</sub>O)</b>
Apartemen A	24,08	10,8
Apartemen B	7,12	13,1
Apartemen C	20,74	19,3
Apartemen D	6,27	<b>-2,7</b>
Apartemen E	2,27	<b>-1,9</b>
Apartemen F	17,25	10,9
Apartemen G	26,19	11,8
Apartemen H	4,04	17
Apartemen I	7,29	17

**Tabel 4. 21 Junction Gedung High-rise Tahun 2022**

<b>Junction ID</b>	<b>Demand (L/s)</b>	<b>Pressure (mH<sub>2</sub>O)</b>
Apartemen A	30,66	<b>8,9</b>
Apartemen B	9,79	11,5
Apartemen C	22,13	18,3
Apartemen D	7,43	<b>-4</b>
Apartemen E	2,43	<b>-3,2</b>
Apartemen F	18,63	9,4
Apartemen G	27,94	10,4
Apartemen H	5,16	16
Apartemen I	7,77	16

**Tabel 4. 22 Junction Gedung High-rise Tahun 2023**

<b>Junction ID</b>	<b>Demand (L/s)</b>	<b>Pressure (mH<sub>2</sub>O)</b>
Apartemen A	32,91	<b>7,7</b>
Apartemen B	12,45	10,5
Apartemen C	22,13	17,8
Apartemen D	8	<b>-4,9</b>
Apartemen E	2,6	<b>-4,1</b>
Apartemen F	19,87	8,2
Apartemen G	27,94	9,3
Apartemen H	5,6	15,5
Apartemen I	7,77	15,5

**Tabel 4. 23 Junction Gedung High-rise Tahun 2024**

<b>Junction ID</b>	<b>Demand (L/s)</b>	<b>Pressure (mH<sub>2</sub>O)</b>
Apartemen A	35,11	<b>7,1</b>
Apartemen B	13,34	10
Apartemen C	22,13	17,6
Apartemen D	8,57	<b>-5,2</b>
Apartemen E	2,6	<b>-4,4</b>
Apartemen F	19,87	<b>7,9</b>
Apartemen G	27,94	<b>8,9</b>
Apartemen H	5,97	15,2
Apartemen I	7,77	15,2

**Tabel 4. 24 Junction Gedung High-rise Tahun 2025**

<b>Junction ID</b>	<b>Demand (L/s)</b>	<b>Pressure (mH<sub>2</sub>O)</b>
Apartemen A	35,11	<b>7</b>
Apartemen B	14,23	<b>9,8</b>
Apartemen C	22,13	17,6
Apartemen D	8,57	<b>-5,2</b>
Apartemen E	2,6	<b>-4,4</b>
Apartemen F	19,87	<b>7,9</b>
Apartemen G	27,94	<b>8,8</b>
Apartemen H	5,97	15,2
Apartemen I	7,77	15,2

Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa *junction* untuk setiap gedung *high-rise* mengalami penurunan tekanan setiap tahunnya terutama yang berlokasi di Kecamatan Gubeng. Hal ini disebabkan tidak adanya dorongan air dari IPAM Ngagel karena kapasitas IPAM Ngagel sudah maksimal. Pada akhir tahun proyeksi yaitu tahun 2025, 6 gedung apartemen yang ada di wilayah studi mencapai angka dibawah kriteria yaitu Apartemen A (7 mH<sub>2</sub>O), Apartemen B (-9,8 mH<sub>2</sub>O), Apartemen D (-5,2 mH<sub>2</sub>O), Apartemen E (-4,4 mH<sub>2</sub>O), Apartemen F (7,9 mH<sub>2</sub>O) dan

Apartemen G (8,8 mH<sub>2</sub>O). Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18 Tahun 2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, tekanan minimum air di dalam pipa adalah 1 atm atau sekitar 10 mH<sub>2</sub>O.

Pertumbuhan gedung-gedung *high-rise* di wilayah Surabaya Timur mempunyai pengaruh yang cukup signifikan terhadap ketersediaan air. Kecamatan yang paling berpengaruh adalah Kecamatan Gubeng yang berada paling jauh dari tambahan pasokan air dari Karangpilang III. Pada akhir tahun 2025, sekitar setengah dari *junction* yang berada di Kecamatan Gubeng mengalami tekanan negatif. Sisanya banyak yang tidak memenuhi kriteria tekanan 1 atm yang ditunjukkan dengan warna kuning pada *color coding* hasil simulasi ( $\leq 10$  mH<sub>2</sub>O). Selain Kecamatan Gubeng, ketersediaan air pada beberapa *junction* di Kecamatan Tenggilis Mejoyo, Rungkut dan Gunung Anyar juga terpengaruh dimana pada tahun akhir proyeksi, tekanan pada setiap kecamatan berkisar antara -11,7 sampai 41,7 mH<sub>2</sub>O di Kecamatan Gubeng; 5,1 sampai 20,2 mH<sub>2</sub>O di Kecamatan Tenggilis Mejoyo; 5,1 sampai 21,3 mH<sub>2</sub>O di Kecamatan Rungkut; dan 5,1 sampai 29,6 mH<sub>2</sub>O di Kecamatan Gunung Anyar.

Berdasarkan Haestad (2005), tekanan yang rendah pada suatu zona dapat terjadi karena zona tersebut berada pada wilayah yang memiliki elevasi relatif lebih tinggi dari zona pelayanan lainnya. Pada tugas akhir ini, Kecamatan Gubeng merupakan wilayah yang memiliki elevasi yang relatif lebih tinggi dari kecamatan lainnya, berkisar antara 1-5,7 meter di atas permukaan air. Dalam situasi ini, perubahan diameter pipa dan kapasitas aliran pompa tidak dapat meningkatkan tekanan. Jika dalam zona tersebut tidak memiliki tangki penyimpanan air, maka peningkatan *head* pompa eksisting atau penambahan pompa baru dapat dilakukan.

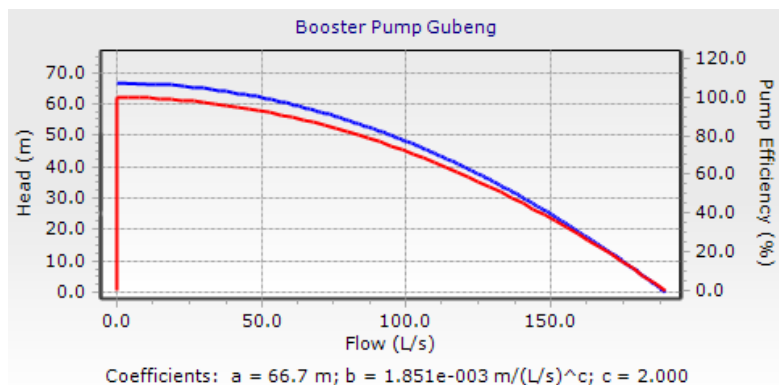
Masalah tekanan yang terjadi pada Kecamatan Gubeng pada tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan penambahan *booster pump*. *Booster pump* atau pompa pendorong berfungsi untuk menambahkan tekanan pada suatu sistem distribusi, berbeda dengan pompa distribusi yang berfungsi untuk mengalirkan pipa dari reservoir ke sistem. Penambahan *booster pump* dengan *head* tertentu pada lokasi yang tepat dapat



mendorong tekanan pada titik-titik yang tergolong kritis. Gambar jaringan distribusi pada tahun 2025 sebelum dan sesudah penambahan *booster pump* dapat dilihat pada Lampiran D. Direncanakan sebuah pompa dengan *head* 50 meter dan flow yang sama dengan kondisi eksisting pada pipa P-398 dengan aliran air menuju ke Kecamatan Gubeng. Berikut definisi dan kurva pompa yang direncanakan pada Tabel 4.25 dan Gambar 4.7. Garis berwarna biru pada kurva mengindikasikan kurva pompa dan garis berwarna merah mengindikasikan kurva efisiensi.

**Tabel 4. 25 Definisi *Booster Pump* Gubeng**

	Flow (L/s)	Head (m)
Shutoff	0	66.7
Design	94.9	50
Max. Operating	189.8	0



**Gambar 4. 7 Kurva *Booster Pump* Gubeng**

Perbedaan tekanan pada jaringan distribusi kenyataan dapat terjadi karena beberapa faktor, salah satunya terjadi kebocoran pada jaringan pipa distribusi yang mengakibatkan hasil pengukuran tekanan menjadi rendah. Dalam simulasi dengan program WaterCAD V8i, faktor kebocoran dapat diabaikan sehingga nilai tekanan tidak berubah sedangkan kenyataannya kebocoran dapat menyebabkan penurunan nilai tekanan pada sistem distribusi secara signifikan.

Faktor umur pipa juga dapat mempengaruhi kekasaran pipa. Semakin tua umur pipa, semakin bertambah kekasarannya sehingga mempengaruhi koefisien Hazen-William. Hal tersebut dapat mengurangi kecepatan aliran dalam pipa distribusi. Simulasi dengan program WaterCAD dijalankan dengan asumsi koefisien Hazen-William konstan dan tidak mengalami perubahan. Pada kenyataannya, PDAM Surya Sembada masih banyak menggunakan pipa dengan tahun pemasangan 1960-1980.

Selain tekanan yang tidak memenuhi kriteria, sejumlah 137 pipa distribusi pada akhir tahun proyeksi tidak memenuhi kecepatan minimal dalam pipa. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18 Tahun 2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, kecepatan minimum air dalam pipa distribusi adalah 0,3 m/s. Hal ini dapat disebabkan oleh sistem pengaliran yang belum optimal karena beberapa faktor seperti desain perpipaan yang kurang efektif, debit distribusi yang belum mencukupi, serta peningkatan kebutuhan air yang tinggi melebihi kapasitas desain perpipaan awal. Dengan kondisi tersebut, maka PDAM Surya Sembada belum mampu untuk memenuhi kebutuhan air pelanggan secara maksimal.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang diperoleh dari pelaksanaan tugas akhir ini antara lain:

1. Hasil dari perhitungan menunjukkan bahwa kapasitas yang akan disediakan oleh 9 gedung *high-rise* dalam wilayah studi tugas akhir mencapai angka jumlah penduduk dalam satu kecamatan yaitu 31.388 orang.
2. Hasil perhitungan kebutuhan air seluruh gedung mencapai angka 15.630.300 L/hari atau 180,91 L/s.
3. Hasil simulasi pada akhir tahun 2025 menunjukkan Kecamatan Gubeng mengalami penurunan tekanan yang sangat signifikan dimana beberapa *junction* bertekanan dibawah 10 mH<sub>2</sub>O dan bahkan negatif. Hasil simulasi menunjukkan beberapa gedung apartemen dengan tekanan yang tidak memenuhi kriteria 10 mH<sub>2</sub>O tekanan dalam pipa. Gedung apartemen tersebut adalah Apartemen A, B, D, E, F dan G yang berkisar antara -5,2 sampai dengan 8,8 mH<sub>2</sub>O. Tekanan pada setiap kecamatan berkisar antara -11,7 sampai 41,7 mH<sub>2</sub>O di Kecamatan Gubeng; 5,1 sampai 20,2 mH<sub>2</sub>O di Kecamatan Tenggilis Mejoyo; 5,1 sampai 21,3 mH<sub>2</sub>O di Kecamatan Rungkut; dan 5,1 sampai 29,6 mH<sub>2</sub>O di Kecamatan Gunung Anyar.

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan berdasarkan tugas akhir ini adalah:

1. Perlu dilakukan analisis terhadap jaringan pipa primer dan sekunder terkait kondisi fisik pada jaringan distribusi guna memastikan sasaran pelayanan PDAM terpenuhi.
2. Perlu dilakukan penambahan *booster pump* atau penambahan kapasitas produksi untuk memenuhi tuntutan tekanan dan debit pada beberapa titik dalam jaringan distribusi.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR PUSTAKA

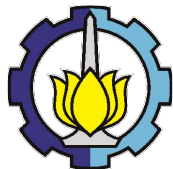
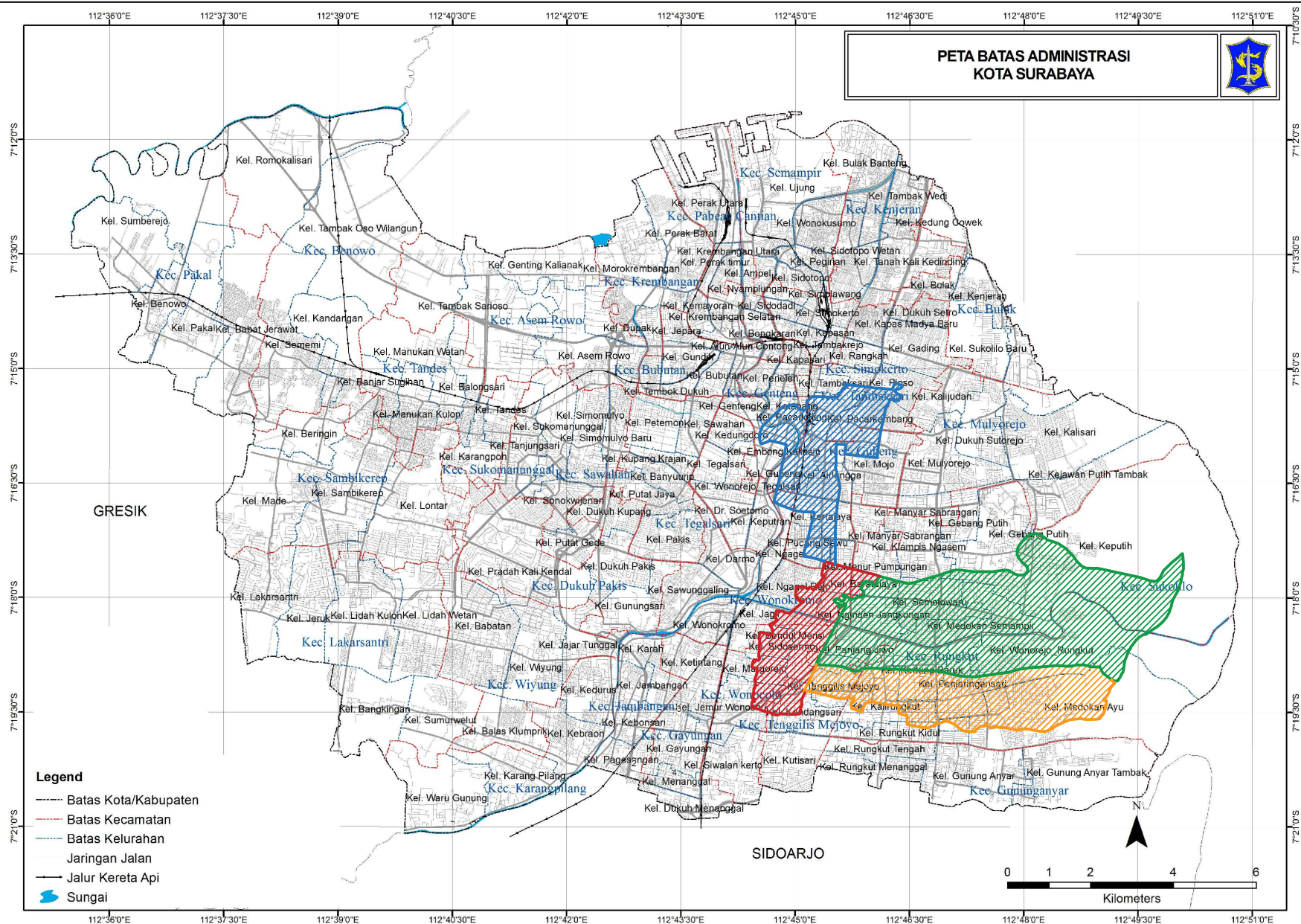
- Badan Pusat Statistik. 2017. **Statistik Indonesia 2017**. Jakarta: BPS
- Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2017. **Kota Surabaya dalam Angka 2017**. Surabaya: BPS
- Dharmasetiawan, M. 2017. **Sistem Perpipaan Distribusi Air Minum**. Jakarta: Ekamitra Engineering.
- Gupta, R. S. 1989. **Hydrology and Hydraulic Systems**. London: Prentice Hall.
- Hadisoebroto, R., Astono, W., dan Putra, R. A. W. 2007. "Kajian Pola Pemakaian Air Bersih di Tiga Apartemen di Jakarta". **Jurnal Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti** 4. 1.
- Haestad Methods, Walski, T. M., Chase, D. V., Grayman, W., Beckwith, S., dan Koelle, E. 2005. **Advanced Water Distribution and Modeling**. Connecticut: Haestad.
- Kalensun, H. 2016. "Perencanaan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih di Kelurahan Pangolombian Kecamatan Tomohon Selatan". **Jurnal Sipil Statik** 4. 2:105-115.
- Noerbambang, S. M. dan Morimura, T. 2005. **Perencanaan dan Pemeliharaan Sistem Plambing**. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Perusahaan Daerah Air Minum. 2012. **Modul Pelatihan Analisa Jaringan menggunakan Software EPANET 2.0 dan Pengenalan Aplikasi Perangkat Lunak WaterCAD**.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2005. **Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 36 Tahun 2005 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-undang No. 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung**. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2007. **Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18 Tahun 2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum**. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2015. **Peraturan Pemerintah No. 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum**. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Razif, M., dan Pitoyo, E. 2014. "Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Rata-Rata Pusat Perbelanjaan, Studi Kasus Sepuluh





- Pusat Perbelanjaan di Kota Surabaya". **Seminar Nasional Teknologi Lingkungan**, 3 Desember.
- Salanto, F. 2018. **Surabaya Property Market Report H1 2018**. Jakarta: Colliers International.
- Salanto, F. 2018. **Surabaya Property Market Report H2 2017**. Jakarta: Colliers International.
- Shammas, K. N. dan Wang, L. K. 2016. **Water Engineering Hydraulics, Distribution and Treatment**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Sukarto, R. T. 2017. **Analisis dan Perancangan Sistem Distribusi Air Minum PDAM Kota Banyuwangi**. Tugas akhir. Tidak diterbitkan. Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Triatmojo, B. 2008. **Hidrolika II**. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wicaksi, B. G. 2017. **Penelitian Faktor Jam Puncak Pemakaian Air Bersih pada 2 (Dua) Kriteria Gedung Hotel yang Berbeda di Kota Surabaya**. Tugas akhir. Tidak diterbitkan. Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.

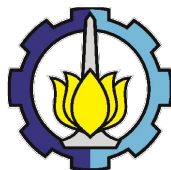
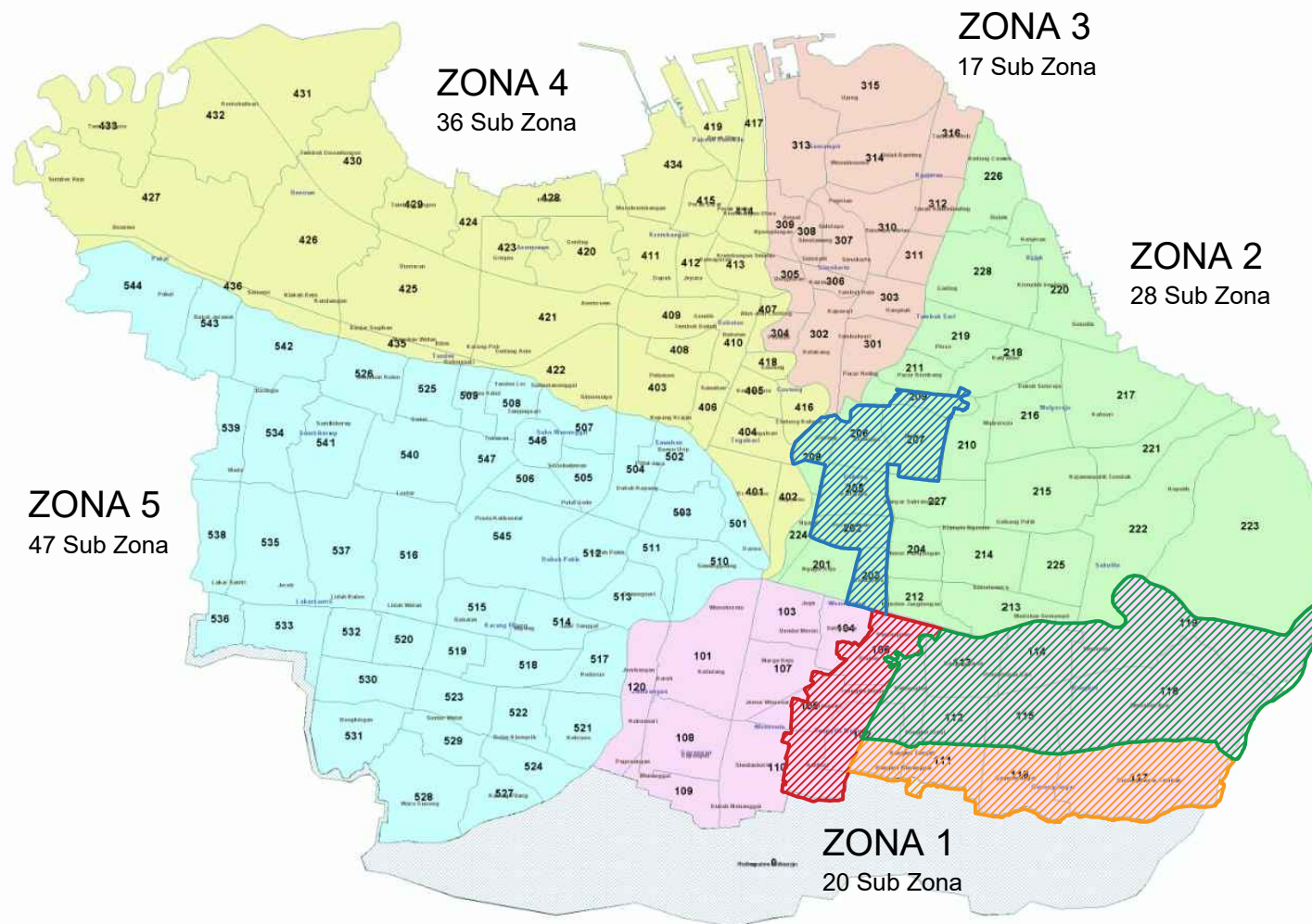
## **Lampiran A: Peta Kota Surabaya**







**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

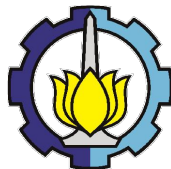
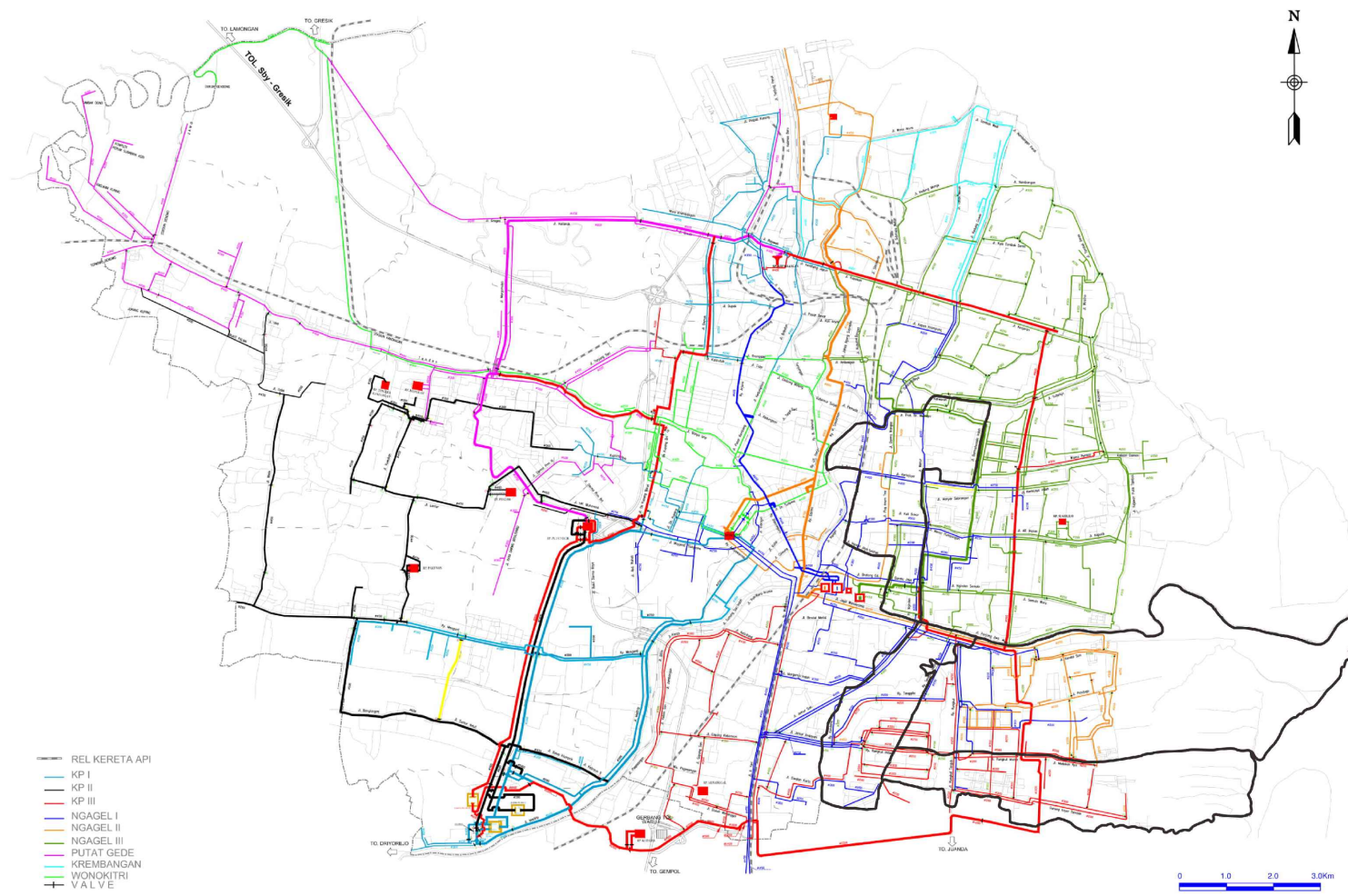


JUDUL GAMBAR	JUDUL TUGAS AKHIR	LEGENDA		SUMBER	NO. GAMBAR	HALAMAN
Peta Administrasi Surabaya	Analisis Peningkatan Kebutuhan Air Minum Akibat Pertumbuhan Gedung High-rise di Surabaya Timur terhadap Jaringan Distribusi PDAM Surabaya	 Kecamatan Gubeng	Badan Perencanaan Pembangunan Kota (Bappeko) Surabaya	A.1	79	
NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	 Kecamatan Tenggilis Mejoyo				
Andre Rhemi Rihendy 03211440000098	Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D.	 Kecamatan Rungkut				
		 Kecamatan Gunung Anyar			SKALA	-



JUDUL GAMBAR	JUDUL TUGAS AKHIR	LEGENDA		SUMBER	NO. GAMBAR	HALAMAN
Peta Zona Pelayanan PDAM	Analisis Peningkatan Kebutuhan Air Minum Akibat Pertumbuhan Gedung High-rise di Surabaya Timur terhadap Jaringan Distribusi PDAM Surabaya	 Kecamatan Gubeng	Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surya Sembada Surabaya	A.2	81	
NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	 Kecamatan Tenggilis Mejoyo				
Andre Rhemi Rihendy 03211440000098	Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D.	 Kecamatan Rungkut				
		 Kecamatan Gunung Anyar			Tanpa Skala	





# JUDUL GAMBAR

Peta Jaringan PDAM Surabaya

# NAMA MAHASISWA

Andre Rhemi Rihendy  
03211440000098

# JUDUL TUGAS AKHIR

Analisis Peningkatan Kebutuhan Air Minum Akibat Pertumbuhan Gedung High-rise di Surabaya Timur terhadap Jaringan Distribusi PDAM Surabaya

# DOSEN PEMBIMBING

Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D.

# LEGENDA

- REL KERETA API
- KP I
- KP II
- KP III
- NGAGEL I
- NGAGEL II
- NGAGEL III
- PUTAT GEDE
- KREMBANGAN
- WONOKITRI
- VALVE

# SUMBER

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surya Sembada Surabaya

# NO. GAMBAR

A.3

# HALAMAN

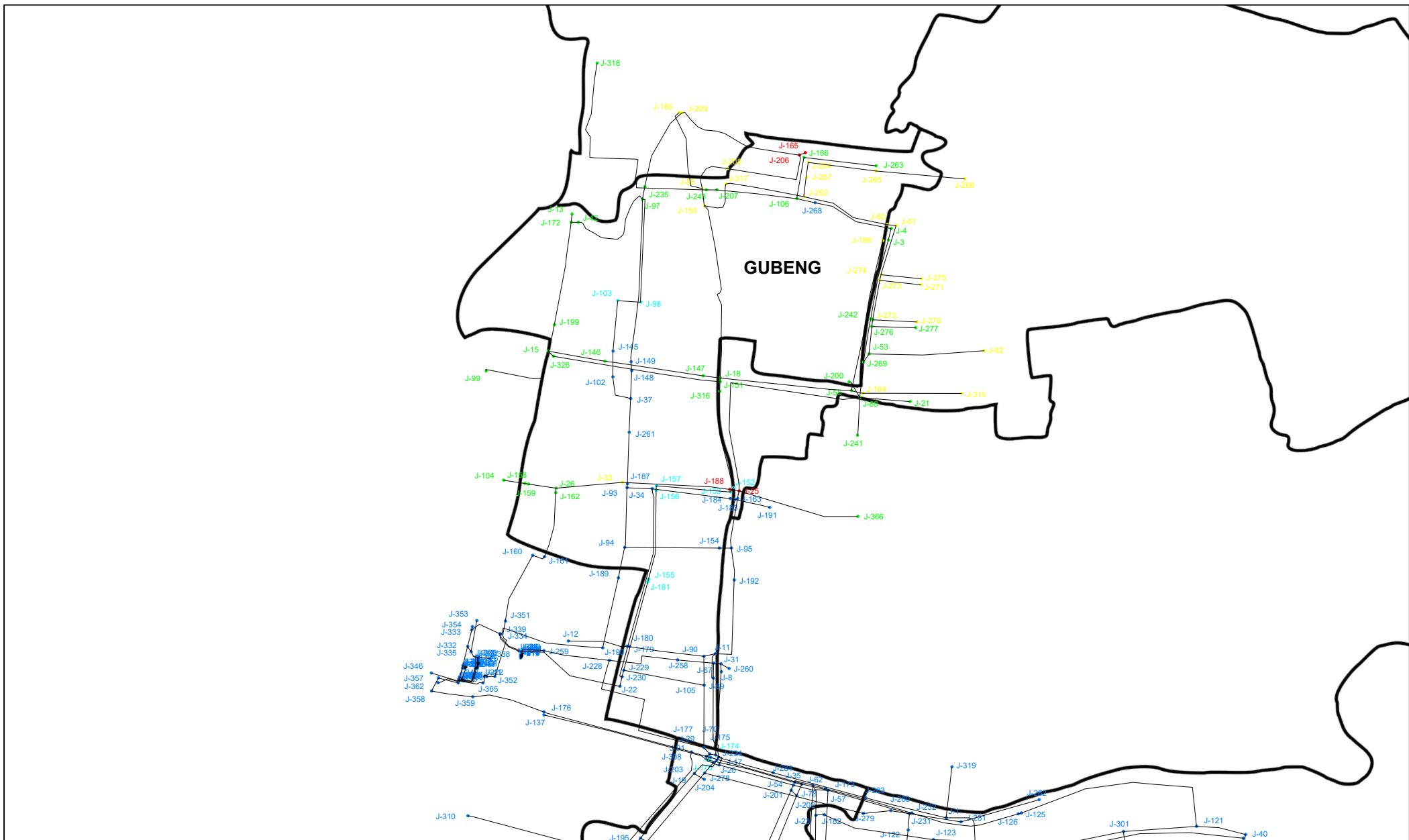
83

# SKALA

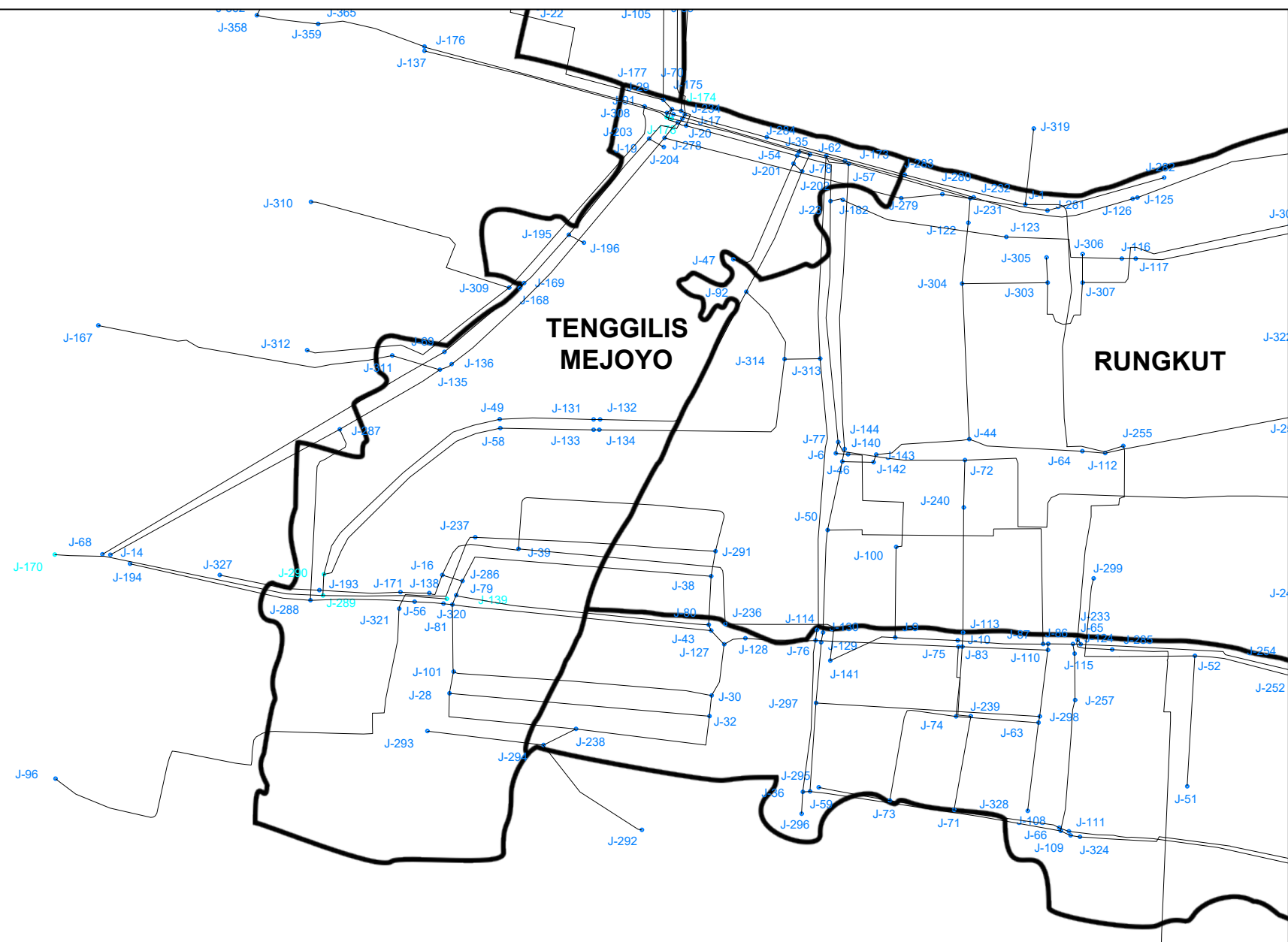
-

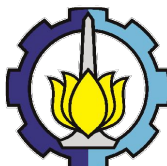
## **Lampiran B:** Jaringan Distribusi Air Minum

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

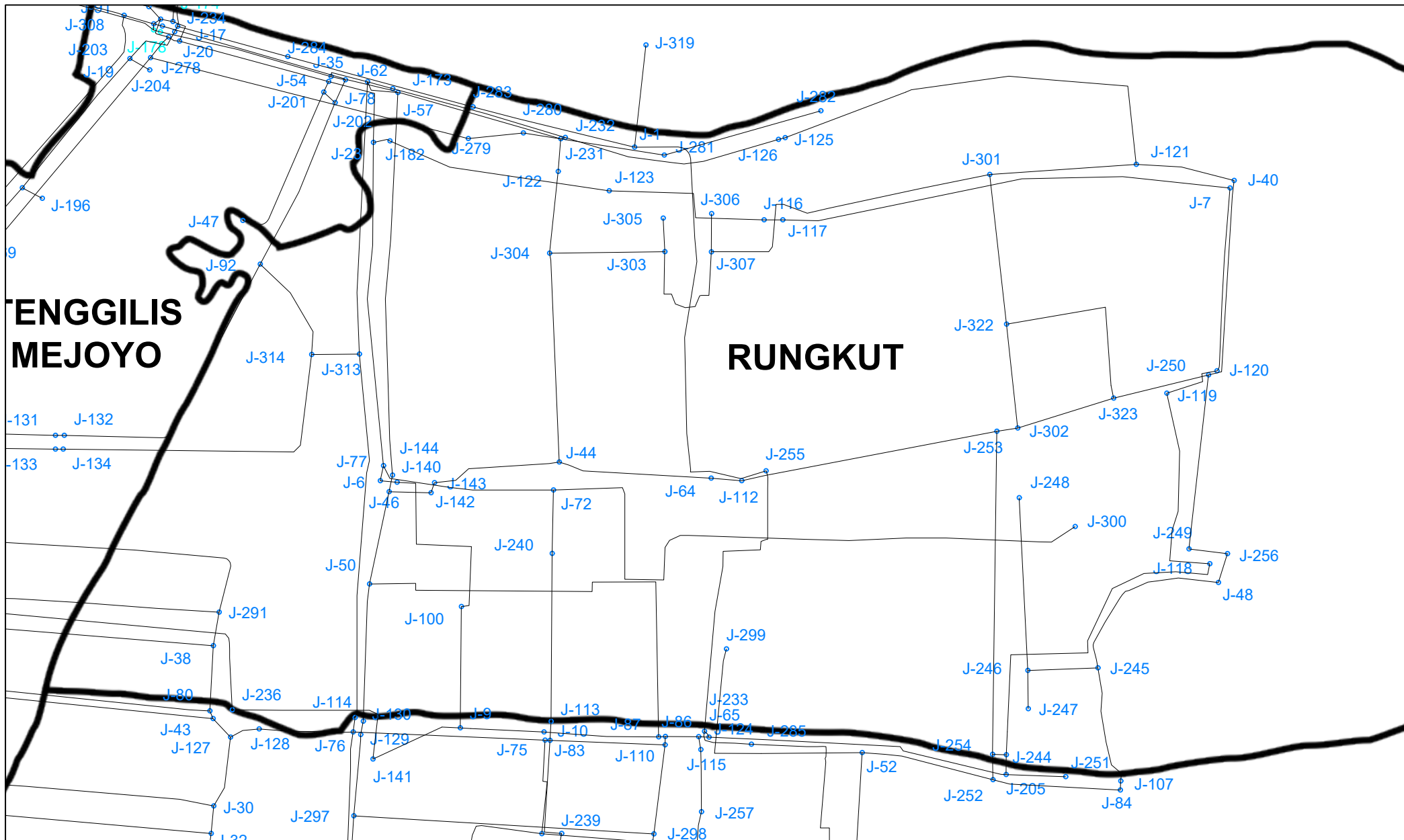



	JUDUL GAMBAR	JUDUL TUGAS AKHIR	LEGENDA			SUMBER	NO. GAMBAR	HALAMAN
	Jaringan Air Minum Kecamatan Gubeng	Analisis Peningkatan Kebutuhan Air Minum Akibat Pertumbuhan Gedung High-rise di Surabaya Timur terhadap Jaringan Distribusi PDAM Surabaya	Color Coding Legend Junction: Pressure (m H2O)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ≤ 0.0</li> <li>● ≤ 5.0</li> <li>● ≤ 10.0</li> <li>● ≤ 15.0</li> <li>● ≤ 20.0</li> <li>● Other</li> </ul>		Permodelan Program WaterCAD	B.1	87
	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING					SKALA	
	Andre Rhemi Rihendy 0321144000098	Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D.					Tanpa Skala	

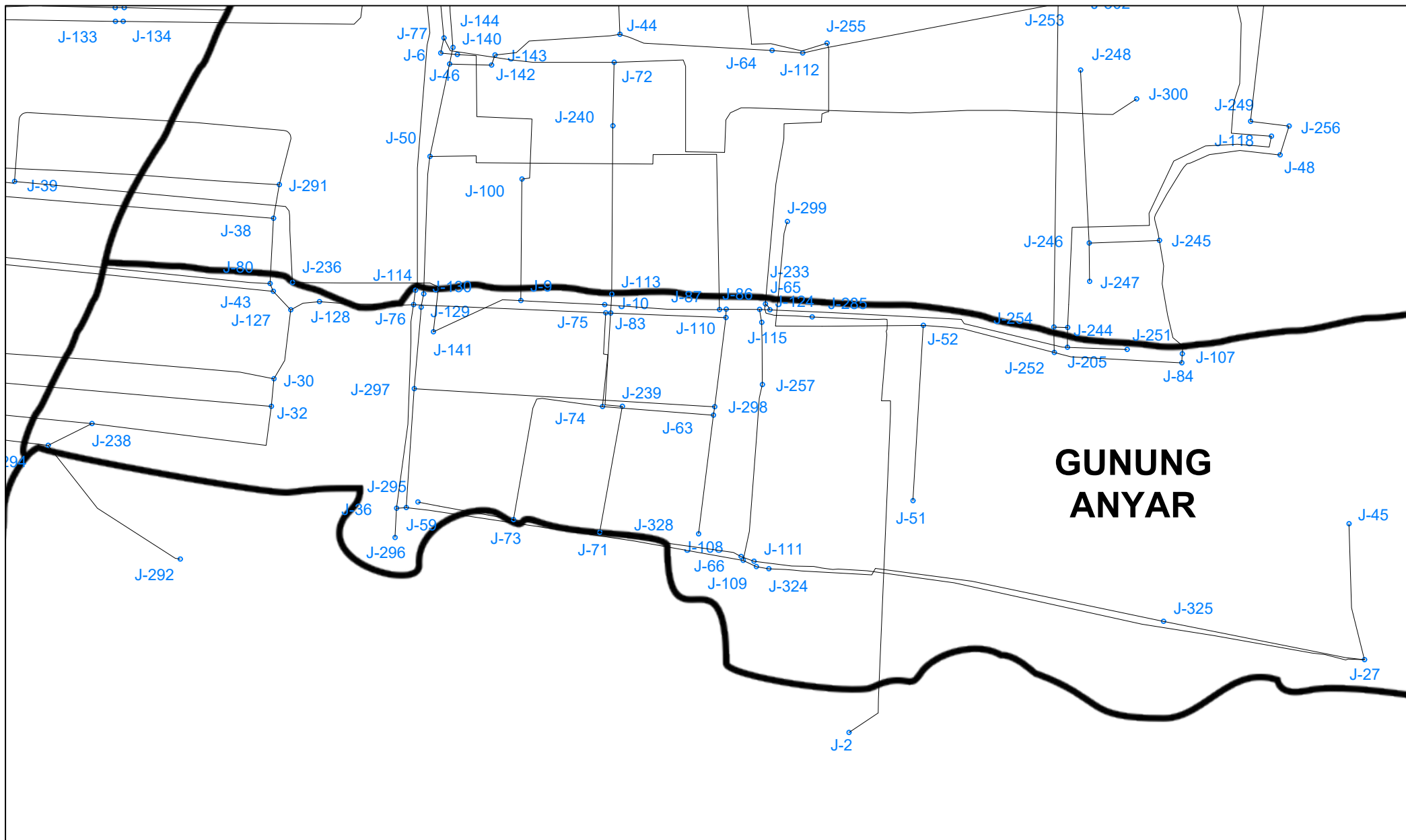



	JUDUL GAMBAR	JUDUL TUGAS AKHIR	LEGENDA			SUMBER	NO. GAMBAR	HALAMAN
	Jaringan Air Minum Kecamatan Tenggilis Mejoyo	Analisis Peningkatan Kebutuhan Air Minum Akibat Pertumbuhan Gedung High-rise di Surabaya Timur terhadap Jaringan Distribusi PDAM Surabaya	Color Coding Legend Junction: Pressure (m H2O)	<div><div>●</div> ≤ 0.0</div> <div><div>●</div> ≤ 5.0</div> <div><div>●</div> ≤ 10.0</div> <div><div>●</div> ≤ 15.0</div> <div><div>●</div> ≤ 20.0</div> <div><div>●</div> Other</div>	Permodelan Program WaterCAD	B.2	89	
	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING				SKALA		
	Andre Rhemi Rihendy 03211440000098	Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D.				Tanpa Skala		





	JUDUL GAMBAR	JUDUL TUGAS AKHIR	LEGENDA		SUMBER	NO. GAMBAR	HALAMAN
	Jaringan Air Minum Kecamatan Rungkut	Analisis Peningkatan Kebutuhan Air Minum Akibat Pertumbuhan Gedung High-rise di Surabaya Timur terhadap Jaringan Distribusi PDAM Surabaya	<b>Color Coding Legend Junction: Pressure (m H2O)</b> • ≤ 0.0 • ≤ 5.0 • ≤ 10.0 • ≤ 15.0 • ≤ 20.0 • Other		Permodelan Program WaterCAD	<b>B.3</b>	<b>91</b>
	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING				SKALA	
	Andre Rhemi Rihendy 0321144000098	Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D.				Tanpa Skala	



	JUDUL GAMBAR	JUDUL TUGAS AKHIR	LEGENDA		SUMBER	NO. GAMBAR	HALAMAN
	Jaringan Air Minum Kecamatan Gunung Anyar	Analisis Peningkatan Kebutuhan Air Minum Akibat Pertumbuhan Gedung High-rise di Surabaya Timur terhadap Jaringan Distribusi PDAM Surabaya	Color Coding Legend Junction: Pressure (m H2O)	• ≤ 0.0 • ≤ 5.0 • ≤ 10.0 • ≤ 15.0 • ≤ 20.0 • Other	Permodelan Program WaterCAD	B.4	93
	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING					SKALA
	Andre Rhemi Rihendy 03211440000098	Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D.					Tanpa Skala

## **Lampiran C:** Hasil Komputasi Jaringan Distribusi

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

**Tabel C.1 Hasil Komputasi Pipa Jaringan Distribusi Eksisting**

<b>Pipe ID</b>	<b>Is Active ?</b>	<b>Length (m)</b>	<b>D (mm)</b>	<b>Material</b>	<b>Flow (L/s)</b>	<b>Velocity (m/s)</b>	<b>Headloss Gradient (m/m)</b>
P-1	TRUE	846	450	Steel	-429	2.7	0.026
P-2	TRUE	1,378	300	PVC	7.2	0.1	0.000
P-3	TRUE	690	200	PVC	15.1	0.48	0.002
P-4	TRUE	541	200	PVC	-7.4	0.24	0.000
P-5	TRUE	64	500	Steel	26.5	0.13	0.000
P-6	TRUE	2,099	300	PVC	48	0.68	0.002
P-7	TRUE	343	200	PVC	5.4	0.17	0.000
P-8	TRUE	745	200	PVC	5.4	0.17	0.000
P-9	TRUE	437	200	PVC	-21.7	0.69	0.003
P-10	TRUE	386	200	PVC	-11.5	0.37	0.001
P-11	TRUE	1,340	300	PVC	0.5	0.01	0.000
P-12	TRUE	804	250	PVC	2.6	0.05	0.000
P-13	TRUE	756	250	PVC	-13.3	0.27	0.000
P-14	TRUE	1,277	450	Steel	-50.4	0.32	0.000
P-15	TRUE	703	300	PVC	-19.3	0.27	0.000
P-16	TRUE	62	450	Steel	-69.8	0.44	0.001
P-17	TRUE	605	200	PVC	-3	0.09	0.000
P-18	TRUE	257	250	PVC	23.3	0.47	0.001
P-19	TRUE	1,344	200	PVC	5.3	0.17	0.000
P-20	TRUE	54	300	PVC	-14.6	0.21	0.000
P-21	TRUE	20	250	PVC	1.8	0.04	0.000
P-22	TRUE	910	250	PVC	59.3	1.21	0.007
P-22	TRUE	69	250	PVC	-8.5	0.17	0.000
P-23	TRUE	131	500	Steel	-195.8	1	0.004
P-24	TRUE	456	500	Steel	-112.4	0.57	0.001
P-25	TRUE	26	500	Steel	-130.4	0.66	0.002
P-26	TRUE	1,801	200	PVC	-12.5	0.4	0.001
P-27	TRUE	398	300	PVC	-89	1.26	0.006
P-28	TRUE	1,039	250	PVC	35.9	0.73	0.003
P-29	TRUE	58	900	Steel	-18.8	0.03	0.000

Pipe ID	Is Active ?	Length (m)	D (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-30	TRUE	650	800	Steel	39.6	0.08	0.000
P-31	TRUE	212	450	Steel	39.6	0.25	0.000
P-32	TRUE	92	400	PVC	-35.1	0.28	0.000
P-33	TRUE	659	450	Steel	26.5	0.17	0.000
P-34	TRUE	49	450	Steel	-16.3	0.1	0.000
P-35	TRUE	68	200	PVC	-15.9	0.51	0.002
P-36	TRUE	48	450	Steel	0.4	0	0.000
P-37	TRUE	116	450	Steel	10.2	0.06	0.000
P-38	TRUE	112	450	Steel	0.4	0	0.000
P-39	TRUE	381	450	Steel	59.5	0.37	0.001
P-40	TRUE	608	450	Steel	10.6	0.07	0.000
P-41	TRUE	162	250	PVC	-4.8	0.1	0.000
P-42	TRUE	198	250	PVC	64.1	1.31	0.008
P-43	TRUE	472	600	Ductile Iron	336.1	1.19	0.003
P-44	TRUE	793	250	PVC	-22.3	0.45	0.001
P-45	TRUE	832	200	PVC	-27.2	0.87	0.005
P-46	TRUE	93	800	Steel	-323.4	0.64	0.001
P-47	TRUE	700	400	PVC	166.9	1.33	0.005
P-48	TRUE	478	500	Steel	89.9	0.46	0.001
P-49	TRUE	213	200	PVC	-19.8	0.63	0.003
P-50	TRUE	354	300	PVC	22.9	0.32	0.000
P-51	TRUE	1,370	300	PVC	9.1	0.13	0.000
P-52	TRUE	117	300	PVC	13.8	0.19	0.000
P-53	TRUE	109	300	PVC	13.8	0.19	0.000
P-54	TRUE	268	600	Ductile Iron	92.7	0.33	0.000
P-55	TRUE	525	300	PVC	-127.2	1.8	0.012
P-56	TRUE	492	200	PVC	-28.7	0.91	0.005
P-57	TRUE	229	200	PVC	47.8	1.52	0.014
P-58	TRUE	36	200	PVC	21.3	0.68	0.003
P-59	TRUE	565	200	PVC	-5.6	0.18	0.000
P-60	TRUE	58	300	PVC	-42.2	0.6	0.002

Pipe ID	Is Active ?	Length (m)	D (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-61	TRUE	453	250	PVC	-33.6	0.69	0.002
P-62	TRUE	2,436	200	PVC	3	0.1	0.000
P-63	TRUE	54	200	PVC	-5.6	0.18	0.000
P-64	TRUE	121	200	PVC	-3	0.09	0.000
P-65	TRUE	75	300	PVC	24.5	0.35	0.001
P-66	TRUE	57	250	PVC	-31.6	0.64	0.002
P-67	TRUE	52	300	PVC	42.8	0.6	0.002
P-68	TRUE	1,780	450	Steel	41.2	0.26	0.000
P-69	TRUE	73	450	Steel	41.2	0.26	0.000
P-70	TRUE	827	500	Steel	44.6	0.23	0.000
P-71	TRUE	724	500	Steel	44.6	0.23	0.000
P-72	TRUE	698	450	Steel	41.2	0.26	0.000
P-73	TRUE	41	500	Steel	-238.6	1.22	0.005
P-74	TRUE	240	500	Steel	44.6	0.23	0.000
P-75	TRUE	27	250	PVC	1.6	0.03	0.000
P-76	TRUE	119	250	PVC	58.3	1.19	0.007
P-77	TRUE	371	250	PVC	58.3	1.19	0.007
P-78	TRUE	53	200	PVC	12.2	0.39	0.001
P-79	TRUE	541	200	PVC	12.2	0.39	0.001
P-80	TRUE	495	200	PVC	6.6	0.21	0.000
P-81	TRUE	1,178	200	PVC	6.6	0.21	0.000
P-82	TRUE	35	200	PVC	6.6	0.21	0.000
P-83	TRUE	493	200	PVC	6.8	0.22	0.000
P-84	TRUE	30	200	PVC	6.8	0.22	0.000
P-85	TRUE	70	400	PVC	54.4	0.43	0.001
P-86	TRUE	141	450	Steel	13.5	0.08	0.000
P-87	TRUE	66	500	Steel	-69.8	0.36	0.001
P-88	TRUE	794	500	Steel	-69.8	0.36	0.001
P-89	TRUE	371	200	PVC	23.7	0.75	0.004
P-90	TRUE	166	200	PVC	-13.1	0.42	0.001
P-91	TRUE	511	200	PVC	-13.1	0.42	0.001
P-92	TRUE	42	200	PVC	-13.1	0.42	0.001

Pipe ID	Is Active ?	Length (m)	D (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-93	TRUE	67	200	PVC	-10.6	0.34	0.001
P-94	TRUE	203	200	PVC	92.7	2.95	0.047
P-95	TRUE	400	200	PVC	27.2	0.87	0.005
P-96	TRUE	453	400	PVC	68.7	0.55	0.001
P-97	TRUE	135	400	PVC	68.7	0.55	0.001
P-98	TRUE	220	250	PVC	-104.4	2.13	0.020
P-99	TRUE	1,287	250	PVC	-65.6	1.34	0.008
P-100	TRUE	70	250	PVC	-104.4	2.13	0.020
P-101	TRUE	1,406	400	PVC	152.9	1.22	0.004
P-102	TRUE	138	400	PVC	139.5	1.11	0.003
P-103	TRUE	29	300	PVC	120.1	1.7	0.010
P-104	TRUE	42	300	PVC	88.6	1.25	0.006
P-105	TRUE	746	200	PVC	46.6	1.48	0.013
P-106	TRUE	96	200	PVC	33.7	1.07	0.007
P-107	TRUE	707	300	PVC	88.6	1.25	0.006
P-108	TRUE	39	300	PVC	88.6	1.25	0.006
P-109	TRUE	586	300	PVC	88.6	1.25	0.006
P-110	TRUE	170	300	PVC	12.7	0.18	0.000
P-111	TRUE	220	300	PVC	12.7	0.18	0.000
P-112	TRUE	30	300	PVC	12.7	0.18	0.000
P-113	TRUE	103	300	PVC	139.9	1.98	0.014
P-114	TRUE	518	300	PVC	139.9	1.98	0.014
P-115	TRUE	37	300	PVC	139.9	1.98	0.014
P-116	TRUE	395	450	Steel	0	0	0.000
P-117	TRUE	95	250	PVC	13.7	0.28	0.000
P-118	TRUE	520	300	PVC	40.8	0.58	0.001
P-119	TRUE	36	300	PVC	40.8	0.58	0.001



Pipe ID	Is Active ?	Length (m)	D (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-120	TRUE	153	450	Steel	13.5	0.08	0.000
P-121	TRUE	66	400	PVC	43.6	0.35	0.000
P-122	TRUE	56	250	PVC	-22.3	0.45	0.001
P-123	TRUE	103	250	PVC	0	0	0.000
P-124	TRUE	695	250	PVC	-4.8	0.1	0.000
P-125	TRUE	751	200	PVC	-35.5	1.13	0.008
P-126	TRUE	35	200	PVC	35.5	1.13	0.008
P-127	TRUE	1,329	250	PVC	-4.8	0.1	0.000
P-128	TRUE	28	250	PVC	-4.8	0.1	0.000
P-129	TRUE	592	400	PVC	-58.5	0.47	0.001
P-130	TRUE	469	400	PVC	-9.5	0.08	0.000
P-131	TRUE	19	400	PVC	-58.5	0.47	0.001
P-132	TRUE	22	300	PVC	88.6	1.25	0.006
P-133	TRUE	891	450	Steel	9.1	0.06	0.000
P-134	TRUE	68	450	Steel	9.1	0.06	0.000
P-135	TRUE	621	250	PVC	64.1	1.31	0.008
P-136	TRUE	36	250	PVC	64.1	1.31	0.008
P-137	TRUE	708	400	PVC	-103	0.82	0.002
P-138	TRUE	1,210	200	PVC	22.2	0.71	0.003
P-139	TRUE	131	200	PVC	-21.9	0.7	0.003
P-140	TRUE	31	600	Ductile Iron	238.4	0.84	0.002
P-141	TRUE	850	500	Steel	109.8	0.56	0.001
P-142	TRUE	74	500	Steel	109.8	0.56	0.001
P-143	TRUE	245	600	Ductile Iron	401.9	1.42	0.005
P-144	TRUE	566	600	Ductile Iron	401.9	1.42	0.005

Pipe ID	Is Active ?	Length (m)	D (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-145	TRUE	282	250	PVC	64.1	1.31	0.008
P-146	TRUE	718	450	Steel	4.5	0.03	0.000
P-147	TRUE	255	450	Steel	-33.7	0.21	0.000
P-148	TRUE	429	450	Steel	13.5	0.08	0.000
P-149	TRUE	348	300	PVC	40.8	0.58	0.001
P-150	TRUE	89	200	PVC	0	0	0.000
P-151	TRUE	157	200	PVC	42.3	1.35	0.011
P-152	TRUE	46	200	PVC	48.9	1.56	0.014
P-153	TRUE	656	200	PVC	0	0	0.000
P-154	TRUE	99	200	PVC	15.7	0.5	0.002
P-155	TRUE	702	200	PVC	0.7	0.02	0.000
P-156	TRUE	61	200	PVC	48.9	1.56	0.014
P-157	TRUE	662	300	PVC	40.8	0.58	0.001
P-158	TRUE	90	200	PVC	1.2	0.04	0.000
P-159	TRUE	1,190	500	Steel	107.3	0.55	0.001
P-160	TRUE	102	250	PVC	70.5	1.44	0.009
P-161	TRUE	635	800	Steel	-210.3	0.42	0.000
P-162	TRUE	747	250	PVC	36.5	0.74	0.003
P-163	TRUE	666	250	PVC	70.5	1.44	0.009
P-164	TRUE	9	150	Ductile Iron	0	0	0.000
P-165	TRUE	142	250	Steel	23	0.47	0.002
P-166	TRUE	130	200	PVC	-5.8	0.19	0.000
P-167	TRUE	666	200	PVC	-7.4	0.24	0.000
P-168	TRUE	707	250	PVC	0	0	0.000
P-169	TRUE	865	250	PVC	1.6	0.03	0.000

Pipe ID	Is Active ?	Length (m)	D (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-170	TRUE	19	200	PVC	1.6	0.05	0.000
P-171	TRUE	3	250	Ductile Iron	142	2.89	0.049
P-172	TRUE	4	250	Ductile Iron	142	2.89	0.049
P-173	TRUE	3	250	Ductile Iron	142	2.89	0.049
P-174	TRUE	4	250	Ductile Iron	142	2.89	0.049
P-175	TRUE	3	250	Ductile Iron	144.9	2.95	0.050
P-176	TRUE	2	250	Ductile Iron	144.9	2.95	0.050
P-177	TRUE	16	450	Steel	429	2.7	0.026
P-178	TRUE	5	350	Ductile Iron	0	0	0.000
P-179	TRUE	5	350	Ductile Iron	6	0.06	0.000
P-180	TRUE	5	300	Ductile Iron	6	0.08	0.000
P-181	TRUE	5	350	Ductile Iron	0	0	0.000
P-182	TRUE	5	300	Ductile Iron	0	0	0.000
P-183	TRUE	5	350	Ductile Iron	0	0	0.000
P-184	TRUE	5	300	Ductile Iron	0	0	0.000
P-185	TRUE	5	350	Ductile Iron	0	0	0.000
P-186	TRUE	5	300	Ductile Iron	0	0	0.000
P-187	TRUE	5	350	Ductile Iron	0	0	0.000
P-188	TRUE	5	300	Ductile Iron	0	0	0.000
P-189	TRUE	5	350	Ductile Iron	0	0	0.000
P-190	TRUE	5	300	Ductile Iron	0	0	0.000
P-191	TRUE	5	350	Ductile Iron	0	0	0.000
P-192	TRUE	5	300	Ductile Iron	0	0	0.000
P-193	TRUE	3	900	Steel	6	0.01	0.000
P-194	TRUE	3	900	Steel	6	0.01	0.000

Pipe ID	Is Active ?	Length (m)	D (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-195	TRUE	3	900	Steel	6	0.01	0.000
P-196	TRUE	3	900	Steel	6	0.01	0.000
P-197	TRUE	3	900	Steel	6	0.01	0.000
P-198	TRUE	3	900	Steel	6	0.01	0.000
P-199	TRUE	3	900	Steel	6	0.01	0.000
P-200	TRUE	8	900	Steel	6	0.01	0.000
P-201	TRUE	8	300	Ductile Iron	0	0	0.000
P-202	TRUE	17	900	Steel	6	0.01	0.000
P-203	TRUE	7	900	Steel	6	0.01	0.000
P-204	TRUE	3	350	Ductile Iron	278.3	2.89	0.033
P-205	TRUE	3	350	Ductile Iron	0	0	0.000
P-206	TRUE	3	350	Ductile Iron	0	0	0.000
P-207	TRUE	3	350	Ductile Iron	278.3	2.89	0.743
P-208	TRUE	3	350	Ductile Iron	0	0	0.000
P-209	TRUE	3	350	Ductile Iron	0	0	0.000
P-210	TRUE	3	250	Ductile Iron	72.2	1.47	0.014
P-211	TRUE	5	250	Ductile Iron	72.2	1.47	0.136
P-212	TRUE	3	250	Ductile Iron	0	0	0.000
P-213	TRUE	5	250	Ductile Iron	0	0	0.000
P-214	TRUE	3	250	Ductile Iron	72.2	1.47	0.014
P-215	TRUE	5	250	Ductile Iron	72.2	1.47	0.136
P-216	TRUE	1	150	PVC	0	0	0.000
P-217	TRUE	1	150	PVC	0	0	0.000
P-218	TRUE	5	150	Cast iron	0	0	0.000
P-219	TRUE	1	150	PVC	0	0	0.000

Pipe ID	Is Active ?	Length (m)	D (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-220	TRUE	5	150	Cast iron	0.00	0	0.000
P-221	TRUE	3	400	Ductile Iron	0	0	0.000
P-222	TRUE	5	400	Ductile Iron	0	0	0.000
P-223	TRUE	3	400	Ductile Iron	237.1	1.89	0.013
P-224	TRUE	10	350	Ductile Iron	237.1	2.46	0.513
P-225	TRUE	4	350	PVC	297.7	3.09	0.027
P-226	TRUE	2	350	PVC	297.7	3.09	1.381
P-227	TRUE	4	350	PVC	0	0	0.000
P-228	TRUE	2	350	PVC	0	0	0.000
P-229	TRUE	4	350	PVC	0	0	0.000
P-230	TRUE	2	350	PVC	0	0	0.000
P-231	TRUE	4	350	Ductile Iron	0	0	0.000
P-232	TRUE	2	350	Ductile Iron	0	0	0.000
P-233	TRUE	4	350	Ductile Iron	0	0	0.000
P-234	TRUE	2	350	Ductile Iron	0	0	0.000
P-235	TRUE	4	350	PVC	278.7	2.9	0.023
P-236	TRUE	2	350	Ductile Iron	278.7	2.9	1.220
P-237	TRUE	1	350	PVC	0	0	0.000
P-238	TRUE	1	350	PVC	23.1	0.24	0.000
P-239	TRUE	6	250	PVC	0	0	0.000
P-240	TRUE	3	800	Steel	-42.1	0.08	0.000
P-241	TRUE	1	350	PVC	19	0.2	0.000
P-242	TRUE	4	250	PVC	19	0.39	0.012
P-243	TRUE	1	350	PVC	22.8	0.24	0.000
P-244	TRUE	1	350	PVC	0	0	0.000

Pipe ID	Is Active ?	Length (m)	D (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-245	TRUE	4	250	PVC	0	0	0.000
P-246	TRUE	1	350	PVC	19	0.2	0.000
P-247	TRUE	4	250	PVC	19	0.39	0.012
P-248	TRUE	721	300	PVC	88.6	1.25	0.006
P-249	TRUE	644	300	PVC	-90.4	1.28	0.006
P-250	TRUE	76	300	PVC	179	2.53	0.022
P-251	TRUE	55	300	PVC	179	2.53	0.022
P-252	TRUE	3	800	Steel	41.8	0.08	0.000
P-253	TRUE	6	250	PVC	22.8	0.46	0.001
P-254	TRUE	3	250	PVC	23.1	0.47	0.001
P-255	FALSE	33	300	Steel	(N/A)	(N/A)	(N/A)
P-256	TRUE	240	300	PVC	39.6	0.56	0.001
P-257	TRUE	25	300	PVC	39.6	0.56	0.001
P-258	FALSE	23	99	Steel	(N/A)	(N/A)	(N/A)
P-259	FALSE	58	99	Steel	(N/A)	(N/A)	(N/A)
P-260	TRUE	59	800	Steel	-210.3	0.42	0.000
P-261	TRUE	13	900	Steel	579.9	0.91	0.002
P-262	TRUE	1,315	500	Steel	-50	0.25	0.000
P-263	TRUE	72	450	Steel	0	0	0.000
P-264	TRUE	300	450	Steel	0	0	0.000
P-265	TRUE	796	300	PVC	6.6	0.09	0.000
P-266	TRUE	845	300	PVC	6.6	0.09	0.000
P-267	TRUE	504	300	PVC	-11	0.16	0.000
P-268	TRUE	429	300	PVC	-11	0.16	0.000
P-269	TRUE	661	300	PVC	24.5	0.35	0.001

Pipe ID	Is Active ?	Length (m)	D (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-270	TRUE	250	300	PVC	24.5	0.35	0.001
P-271	TRUE	638	900	Steel	323.4	0.51	0.001
P-272	TRUE	24	800	Steel	-210.3	0.42	0.000
P-273	TRUE	71	800	Steel	0	0	0.000
P-274	TRUE	46	800	Steel	0	0	0.000
P-275	TRUE	354	900	Steel	6	0.01	0.000
P-276	TRUE	29	500	Ductile Iron	345.9	1.76	0.010
P-277	TRUE	90	500	Steel	-50	0.25	0.000
P-278	TRUE	79	500	Steel	-107.1	0.55	0.001
P-279	TRUE	715	200	PVC	4.5	0.14	0.000
P-280	TRUE	276	250	PVC	16.8	0.34	0.001
P-281	TRUE	152	250	PVC	8.8	0.18	0.000
P-282	TRUE	680	250	PVC	8	0.16	0.000
P-283	TRUE	33	250	PVC	65.4	1.33	0.008
P-284	TRUE	385	200	PVC	6	0.19	0.000
P-285	TRUE	807	200	PVC	4.6	0.15	0.000
P-286	TRUE	689	200	PVC	1.5	0.05	0.000
P-287	TRUE	235	400	PVC	0.2	0	0.000
P-288	TRUE	527	250	PVC	-18.4	0.37	0.001
P-289	TRUE	504	250	PVC	21.3	0.43	0.001
P-290	TRUE	1,023	200	PVC	-3	0.09	0.000
P-291	TRUE	101	200	PVC	-39.6	1.26	0.010
P-292	TRUE	1,272	200	PVC	17.5	0.56	0.002
P-293	TRUE	55	200	PVC	-57.1	1.82	0.019
P-294	TRUE	1,193	1,000	Steel	624.5	0.8	0.001

Pipe ID	Is Active ?	Length (m)	D (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-295	TRUE	1,788	1,000.00	Steel	579.9	0.74	0.001
P-296	TRUE	119	200	PVC	4.5	0.14	0.000
P-297	TRUE	153	200	PVC	-1.5	0.05	0.000
P-298	TRUE	245	300	PVC	42.8	0.6	0.002
P-299	TRUE	697	300	PVC	42.8	0.6	0.002
P-300	TRUE	592	900	Steel	18.8	0.03	0.000
P-301	TRUE	287	900	Steel	18.8	0.03	0.000
P-302	TRUE	188	900	Steel	6	0.01	0.000
P-303	TRUE	169	900	Steel	6	0.01	0.000
P-304	TRUE	75	250	PVC	45.3	0.92	0.004
P-305	TRUE	408	600	Ductile Iron	238.4	0.84	0.002
P-306	TRUE	267	600	Ductile Iron	238.4	0.84	0.002
P-307	TRUE	705	250	PVC	-13.4	0.27	0.000
P-308	TRUE	572	450	Steel	69.1	0.43	0.001
P-309	TRUE	49	250	PVC	38.4	0.78	0.003
P-310	TRUE	538	200	PVC	0	0	0.000
P-311	TRUE	701	200	PVC	0	0	0.000
P-312	TRUE	122	200	PVC	0	0	0.000
P-313	TRUE	149	800	Steel	-323.4	0.64	0.001
P-314	TRUE	643	800	Steel	-323.4	0.64	0.001
P-315	TRUE	182	200	PVC	27.2	0.87	0.005
P-316	TRUE	95	400	PVC	68.7	0.55	0.001
P-317	TRUE	689	400	PVC	68.7	0.55	0.001
P-318	TRUE	282	900	Steel	419.1	0.66	0.001
P-319	TRUE	345	900	Steel	323.4	0.51	0.001



Pipe ID	Is Active ?	Length (m)	D (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-320	TRUE	79	250	PVC	95.7	1.95	0.017
P-321	TRUE	316	200	PVC	-19.5	0.62	0.003
P-322	TRUE	407	200	PVC	-34.6	1.1	0.008
P-323	TRUE	45	200	PVC	-26.9	0.86	0.005
P-324	TRUE	327	200	PVC	7.4	0.24	0.000
P-325	TRUE	320	200	PVC	-7.7	0.25	0.000
P-326	TRUE	53	200	PVC	-36.3	1.16	0.008
P-327	TRUE	218	200	PVC	-36.4	1.16	0.008
P-328	TRUE	345	200	PVC	0.1	0	0.000
P-329	TRUE	350	200	PVC	16.8	0.53	0.002
P-330	TRUE	1,644	400	PVC	48	0.38	0.000
P-331	TRUE	108	400	PVC	0	0	0.000
P-332	TRUE	1,290	450	Steel	48	0.3	0.000
P-333	TRUE	219	450	Steel	48	0.3	0.000
P-334	TRUE	561	450	Steel	48	0.3	0.000
P-335	TRUE	641	450	Steel	48	0.3	0.000
P-336	TRUE	655	600	Steel	0	0	0.000
P-337	TRUE	756	600	Steel	0	0	0.000
P-338	TRUE	449	600	Steel	0	0	0.000
P-339	TRUE	2,018	1,000	Steel	970.4	1.24	0.002
P-340	TRUE	219	1,000	Steel	970.4	1.24	0.002
P-341	TRUE	82	300	PVC	9.2	0.13	0.000
P-342	TRUE	1,395	300	PVC	-0.6	0.01	0.000
P-343	TRUE	1,380	400	PVC	4.3	0.03	0.000
P-344	TRUE	615	400.00	PVC	21.1	0.17	0.000

Pipe ID	Is Active ?	Length (m)	D (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-345	TRUE	972	450	Steel	61.1	0.38	0.001
P-346	TRUE	551	450	Steel	44.3	0.28	0.000
P-347	TRUE	994	300	PVC	-16.8	0.24	0.000
P-348	TRUE	1,437	250	PVC	-12.5	0.25	0.000
P-349	TRUE	654	250	PVC	0.9	0.02	0.000
P-350	TRUE	1,294	150	PVC	6.6	0.37	0.001
P-351	TRUE	1,256	150	PVC	6.8	0.39	0.002
P-352	TRUE	113	150	PVC	13.4	0.76	0.005
P-353	TRUE	111	400	PVC	-9.8	0.08	0.000
P-354	TRUE	498	400	PVC	-5.5	0.04	0.000
P-355	TRUE	1,536	250	PVC	-6.4	0.13	0.000
P-356	TRUE	134	250	PVC	23.8	0.49	0.001
P-357	TRUE	1,271	300	PVC	30.2	0.43	0.001
P-358	TRUE	1,374	450	PVC	0.8	0.01	0.000
P-359	TRUE	192	200	PVC	0	0	0.000
P-360	TRUE	697	200	PVC	0	0	0.000
P-361	TRUE	619	200	PVC	0	0	0.000
P-362	TRUE	33	200	PVC	28.6	0.91	0.005
P-363	TRUE	38	200	PVC	-2.6	0.08	0.000
P-364	TRUE	116	250	PVC	0	0	0.000
P-365	TRUE	284	200	PVC	22.9	0.73	0.004
P-366	TRUE	101	200	PVC	35.4	1.13	0.008
P-367	TRUE	755	450	PVC	0.8	0.01	0.000
P-368	TRUE	42	500	Steel	-112.4	0.57	0.001
P-369	TRUE	288	500	Steel	-112.4	0.57	0.001

Pipe ID	Is Active ?	Length (m)	D (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-370	TRUE	468	200	PVC	3.2	0.1	0.000
P-371	TRUE	322	200	PVC	12.2	0.39	0.001
P-372	TRUE	1,184	200	PVC	-9.1	0.29	0.001
P-373	TRUE	2,567	400	PVC	43.8	0.35	0.000
P-374	TRUE	392	250	PVC	-1.6	0.03	0.000
P-375	TRUE	578	200	PVC	3.2	0.1	0.000
P-376	TRUE	395	200	PVC	-6	0.19	0.000
P-377	TRUE	83	200	PVC	-20.4	0.65	0.003
P-378	TRUE	823	200	PVC	10.1	0.32	0.001
P-379	TRUE	323	200	PVC	7.2	0.23	0.000
P-380	TRUE	453	200	PVC	2.9	0.09	0.000
P-381	TRUE	133	200	PVC	0	0	0.000
P-382	TRUE	1,281	200	PVC	-2.9	0.09	0.000
P-383	TRUE	572	200	PVC	-2.9	0.09	0.000
P-384	TRUE	151	200	PVC	0	0	0.000
P-385	TRUE	123	200	PVC	-39.4	1.26	0.010
P-386	TRUE	1,205	200	PVC	-43.4	1.38	0.011
P-387	TRUE	1,231	200	PVC	4	0.13	0.000
P-388	TRUE	1,283	200	PVC	4	0.13	0.000
P-389	TRUE	1,584	300	PVC	33.3	0.47	0.001
P-390	TRUE	262	300	PVC	33.3	0.47	0.001
P-391	TRUE	1,202	200	PVC	0	0	0.000
P-392	TRUE	1,073	250	PVC	-18.8	0.38	0.001
P-393	TRUE	1,438	250	PVC	-31.6	0.64	0.002
P-394	TRUE	431	200	PVC	-5.9	0.19	0.000

Pipe ID	Is Active ?	Length (m)	D (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-395	TRUE	1,305	200	PVC	6.8	0.22	0.000
P-396	TRUE	188	250	PVC	-12.7	0.26	0.000
P-397	TRUE	774	250	PVC	13.7	0.28	0.000
P-398	TRUE	773	300	PVC	88.6	1.25	0.006
P-399	TRUE	76	300	PVC	84.6	1.2	0.005
P-400	TRUE	47	450	Steel	99.4	0.62	0.002
P-401	TRUE	1,822	450	Steel	0	0	0.000
P-402	TRUE	67	450	Steel	0	0	0.000
P-403	TRUE	1,507	300	PVC	0	0	0.000
P-404	TRUE	29	300	PVC	0	0	0.000
P-405	TRUE	1,304	300	PVC	12.8	0.18	0.000
P-406	TRUE	62	300	PVC	12.8	0.18	0.000
P-407	TRUE	314	450	Steel	-113.1	0.71	0.002
P-408	TRUE	17	450	Steel	-113.1	0.71	0.002
P-409	TRUE	628	250	PVC	-13.4	0.27	0.000
P-410	TRUE	343	250	PVC	-36.5	0.74	0.003
P-411	TRUE	334	250	PVC	-13.4	0.27	0.000
P-412	TRUE	1,925	800	Steel	-210.3	0.42	0.000
P-413	TRUE	392	900	Steel	579.9	0.91	0.002
P-414	TRUE	33	450	Steel	0	0	0.000
P-415	TRUE	30	450	Steel	0	0	0.000
P-416	TRUE	153	450	Steel	44.3	0.28	0.000
P-417	TRUE	47	450	Steel	44.3	0.28	0.000
P-418	TRUE	2,858	400	PVC	52	0.41	0.001
P-419	TRUE	660	400	PVC	30.2	0.24	0.000

Pipe ID	Is Active ?	Length (m)	D (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-420	TRUE	593	200	PVC	6.1	0.19	0.000
P-421	TRUE	412	200	PVC	-14.4	0.46	0.001
P-422	TRUE	704	200	PVC	0	0	0.000
P-423	TRUE	51	400	PVC	0	0	0.000
P-424	TRUE	50	300	PVC	-11	0.16	0.000
P-425	TRUE	805	300	PVC	-10.4	0.15	0.000
P-426	TRUE	1,586	300	PVC	-11	0.16	0.000
P-427	TRUE	58	450	Steel	75.8	0.48	0.001
P-428	TRUE	1,327	450	Steel	59.6	0.37	0.001
P-429	TRUE	994	250	PVC	43.7	0.89	0.004
P-430	TRUE	28	250	PVC	43.7	0.89	0.004
P-431	TRUE	532	450	Steel	14.4	0.09	0.000
P-432	TRUE	354	400	PVC	31.8	0.25	0.000
P-433	TRUE	33	400	PVC	22.7	0.18	0.000
P-434	TRUE	470	400	PVC	0	0	0.000
P-435	TRUE	303	900	Steel	-550.4	0.87	0.001
P-436	TRUE	9	400	PVC	0	0	0.000
P-437	TRUE	9	400	PVC	0	0	0.000
P-438	TRUE	3	800	Steel	42.1	0.08	0.000
P-439	TRUE	21	800	Steel	42.1	0.08	0.000
P-440	TRUE	2	800	Steel	0	0	0.000
P-441	TRUE	12	800	Steel	0	0	0.000
P-442	TRUE	156	600	Steel	237.1	0.84	0.002
P-443	TRUE	134	600	Steel	401.9	1.42	0.005
P-444	TRUE	49	800	Steel	-164.8	0.33	0.000

Pipe ID	Is Active ?	Length (m)	D (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-445	TRUE	39	350	PVC	297.7	3.09	0.027
P-446	TRUE	40	800	PVC	278.7	0.55	0.000
P-447	TRUE	9	600	PVC	0	0	0.000
P-448	TRUE	93	800	PVC	278.7	0.55	0.000
P-449	TRUE	252	600	Steel	401.9	1.42	0.005
P-450	TRUE	9	600	PVC	381.2	1.35	0.003
P-451	TRUE	217	600	Steel	-20.7	0.07	0.000
P-452	TRUE	13	600	Steel	0	0	0.000
P-453	TRUE	12	600	Steel	0	0	0.000
P-454	TRUE	8	450	PVC	20.7	0.13	0.000
P-455	TRUE	214	450	Steel	20.7	0.13	0.000
P-456	TRUE	20	600	Steel	237.1	0.84	0.002
P-457	TRUE	6	600	Steel	0	0	0.000
P-458	TRUE	6	600	Steel	0	0	0.000
P-459	TRUE	7	800	Steel	41.8	0.08	0.000
P-460	TRUE	3	800	Steel	-42.1	0.08	0.000
P-461	TRUE	74	400	Steel	-237.1	1.89	0.013
P-462	TRUE	17	600	PVC	-237.1	0.84	0.001
P-463	TRUE	6	600	PVC	0	0	0.000
P-464	TRUE	231	600	Cast iron	278.3	0.98	0.001
P-465	TRUE	12	300	Cast iron	0	0	0.000
P-466	TRUE	61	800	Steel	-297.7	0.59	0.001
P-467	TRUE	14	800	PVC	-297.7	0.59	0.000
P-468	TRUE	86	300	PVC	0	0	0.000
P-469	TRUE	1	300	PVC	0	0	0.000

Pipe ID	Is Active ?	Length (m)	D (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-470	TRUE	70	250	PVC	144.4	2.94	0.036
P-471	TRUE	467	300	PVC	144.4	2.04	0.015
P-472	TRUE	250	700	Steel	132.90	0.35	0.000
P-473	TRUE	23	600	Steel	0	0	0.000
P-474	TRUE	4	600	PVC	0	0	0.000
P-475	TRUE	18	250	Cast iron	0	0	0.000
P-476	TRUE	13	250	Cast iron	0	0	0.000
P-477	TRUE	22	400	PVC	43.4	0.35	0.000
P-478	TRUE	28	400	Cast iron	43.4	0.35	0.000
P-479	TRUE	161	400	Cast iron	43.4	0.35	0.000
P-480	TRUE	116	250	PVC	43.4	0.88	0.004
P-481	TRUE	327	250	PVC	43.4	0.88	0.004
P-482	TRUE	181	250	Cast iron	-43.4	0.88	0.003
P-483	TRUE	103	800	Steel	83.9	0.17	0.000
P-484	TRUE	14	250	Cast iron	-43.4	0.88	0.003
P-485	TRUE	204	800	Cast iron	40.5	0.08	0.000
P-486	TRUE	584	200	PVC	43.4	1.38	0.011
P-487	TRUE	201	500	Ductile Iron	237.1	1.21	0.004
P-488	TRUE	42	500	Cast iron	237.1	1.21	0.003
P-489	TRUE	172	250	Cast iron	43.4	0.88	0.003
P-490	TRUE	6	250	Cast iron	43.4	0.88	0.003
P-491	TRUE	1	250	PVC	0	0	0.000
P-492	TRUE	1	250	PVC	0	0	0.000
P-493	FALSE	11	250	PVC	(N/A)	(N/A)	(N/A)
P-494	TRUE	200	600	Cast iron	278.3	0.98	0.001

Pipe ID	Is Active ?	Length (m)	D (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
P-495	TRUE	57	600	Cast iron	278.3	0.98	0.001
P-496	TRUE	568	300	PVC	144.4	2.04	0.015
P-497	TRUE	861	600	Steel	401.9	1.42	0.005
P-498	TRUE	136	200	PVC	0	0	0.000
P-499	TRUE	16	200	PVC	0	0	0.000
P-500	TRUE	30	400	PVC	21.3	0.17	0.000
P-510	TRUE	920	400	PVC	99.4	0.79	0.002
P-511	TRUE	88	200	PVC	6.8	0.22	0.000
P-512	TRUE	1,285	200	PVC	6.8	0.22	0.000
P-513	TRUE	297	200	PVC	0	0	0.000
P-514	TRUE	85	200	PVC	0	0	0.000
P-515	TRUE	398	200	PVC	3.2	0.1	0.000
P-516	TRUE	597	200	PVC	3.2	0.1	0.000
P-517	TRUE	1,159	200	PVC	-10.6	0.34	0.001
P-518	TRUE	350	200	PVC	-10.6	0.34	0.001
P-519	TRUE	508	250	PVC	1.6	0.03	0.000
P-520	TRUE	1,191	250	PVC	1.6	0.03	0.000
P-521	TRUE	543	400	PVC	21.3	0.17	0.000
P-522	TRUE	246	400	PVC	21.3	0.17	0.000
P-523	TRUE	128	400	PVC	22.4	0.18	0.000
P-524	TRUE	88	400	PVC	22.4	0.18	0.000
P-525	TRUE	28	200	PVC	21.3	0.68	0.003
P-526	TRUE	441	200	PVC	21.3	0.68	0.003



Tabel C.2 Hasil Komputasi *Junction* Jaringan Distribusi Eksisting

<b>Junction ID</b>	<b>Elevation (m)</b>	<b>Demand (L/s)</b>	<b>Pressure (mH<sub>2</sub>O)</b>
J-1	1.1	0	25.9
J-2	0	-970.4	35.4
J-3	2.3	0	13.4
J-4	2.4	0	13.2
J-5	4	0	51.6
J-6	1.4	0	25.7
J-7	0	3.4	27.3
J-8	2	0	24
J-9	1.2	22.5	26.7
J-10	1.5	0	26.9
J-11	2	0	23.8
J-12	2	9.5	23.3
J-13	5.3	43.6	10.8
J-14	4	-4.3	28.5
J-15	5	0	11.2
J-16	2.1	28.9	30.4
J-17	4	0	22.1
J-18	2.4	0	12.5
J-19	3.9	0	22.2
J-20	3.9	0	22.2
J-21	2.2	89	11.9
J-22	1.9	250	33.7
J-23	1.4	0	25
J-24	4	0	53.7
J-25	4.8	10.4	4.3
J-26	5.2	0	11.2
J-27	0	0	27.6
J-28	2	0	30.3
J-29	3.7	0	22.5
J-30	1.9	0	30.3

<b>Junction ID</b>	<b>Elevation (m)</b>	<b>Demand (L/s)</b>	<b>Pressure (mH<sub>2</sub>O)</b>
J-31	2	0	24
J-32	1.9	0	30.4
J-33	4	17.4	6.3
J-34	5	0	28
J-35	1.3	0	22.6
J-36	1.7	0	26.3
J-37	5	41.4	28.3
J-38	2.4	0	30.1
J-39	2.4	0	30.1
J-40	0	2.9	23.9
J-41	2	0	41.1
J-42	4.4	0	11.7
J-43	2.1	0	29.9
J-44	1.7	0	22.9
J-45	0	7.4	27.3
J-46	1.3	0	24.2
J-47	2.4	0	23.1
J-48	0	0	24
J-49	2.9	0	21.1
J-50	1.2	1	25.7
J-51	0	15.1	24.7
J-52	1	0	24.8
J-53	3.2	0	11.7
J-54	1.3	0	24.8
J-55	2.1	0	10
J-56	2	0	30.6
J-57	1.1	0	23.1
J-58	2.8	0	21.2
J-59	1.4	0	26.6
J-60	2.5	0	6.1
J-61	3.1	26.1	5.5
J-62	1.3	0	23.5

<b>Junction ID</b>	<b>Elevation (m)</b>	<b>Demand (L/s)</b>	<b>Pressure (mH<sub>2</sub>O)</b>
J-63	1.3	1	27.4
J-64	1.1	0	23.5
J-65	1.5	0	28
J-66	1.9	0	26.1
J-67	2	0	24
J-68	4.1	-48	28.2
J-69	3.6	7.2	24.8
J-70	4	0	21.9
J-71	1.5	0	26
J-72	1.5	0	25.3
J-73	1.9	0	25.6
J-74	1.3	38.5	26
J-75	1.3	0	26.3
J-76	1.4	10.8	26.6
J-77	1.1	0	25.9
J-78	1.2	37.1	22.7
J-79	2.1	0	30.4
J-80	2.1	0	30
J-81	2	0	30.5
J-82	2	59.3	6.6
J-83	1.2	0	26.4
J-84	0	0	25.7
J-85	1.4	0	7.4
J-86	1.2	0	27.8
J-87	1.5	5.5	27.5
J-88	2.3	0	14.1
J-89	1.9	0	23.9
J-90	2	24.4	23.7
J-91	3.9	0	22.2
J-92	1.8	0	22.8
J-93	5	33.6	29.6
J-94	2	19.2	34.2

<b>Junction ID</b>	<b>Elevation (m)</b>	<b>Demand (L/s)</b>	<b>Pressure (mH<sub>2</sub>O)</b>
J-95	2	0	23.8
J-96	2.7	-52	32.8
J-97	5.3	0	11.7
J-98	5.1	0	15.9
J-99	5.4	-166.9	14.1
J-100	1.3	20.1	26.2
J-101	2	0	30.3
J-102	5	0	28.3
J-103	5.1	0	16.8
J-104	2.2	12.7	14.1
J-105	2	13.9	26.9
J-106	3.1	0	11.8
J-107	0	0	25.6
J-108	2	0	25.4
J-109	1.8	31.2	26.1
J-110	1.3	0	27.4
J-111	1.7	8.7	25.7
J-112	1.1	0	23.5
J-113	1.2	0	26.4
J-114	1.7	0	26.2
J-115	1.3	0	28.1
J-116	1.2	0	25.4
J-117	1.4	0	25.3
J-118	0	5.4	27.7
J-119	0	0	27.5
J-120	0	0	27.4
J-121	0	0	23.9
J-122	1.1	13	22.8
J-123	1.4	32.1	25
J-124	1.4	0	28.3
J-125	1.2	0	22.7
J-126	1.2	0	22.7

<b>Junction ID</b>	<b>Elevation (m)</b>	<b>Demand (L/s)</b>	<b>Pressure (mH<sub>2</sub>O)</b>
J-127	2	0	29.2
J-128	2	0	28.5
J-129	1.9	0	25.6
J-130	1.6	0	25.9
J-131	3	0	21.2
J-132	3	0	21.2
J-133	2.9	0	21.3
J-134	2.9	0	21.3
J-135	3.5	0	28.9
J-136	3.5	6.4	28.9
J-137	2	4.8	21.8
J-138	2	0	30.5
J-139	2	0.9	19.6
J-140	1.2	0	25.9
J-141	1.5	0.8	31
J-142	1.4	0	23.9
J-143	1.3	0	24
J-144	1.4	0	24.1
J-145	2	65.5	21.8
J-146	5.1	0	10.7
J-147	2.5	0	12.6
J-148	5	0	24.1
J-149	5	38.8	22.7
J-150	1.5	0	7.8
J-151	2.5	24.1	12.7
J-152	4.8	0	15.4
J-153	4.8	0	15.7
J-154	2	12.9	24.5
J-155	2	0	26.4
J-156	5	0	19.2
J-157	5	0	19
J-158	2.3	0	14

<b>Junction ID</b>	<b>Elevation (m)</b>	<b>Demand (L/s)</b>	<b>Pressure (mH<sub>2</sub>O)</b>
J-159	5.3	0	11.1
J-160	2.1	4.5	23.4
J-161	2.1	0	22
J-162	5.3	0	11.6
J-163	1.8	0	24
J-164	2.6	0	9.5
J-165	1.8	38.4	3.8
J-166	2.8	44	11.3
J-167	2.4	-33.3	31.8
J-168	3.5	0	24.1
J-169	3.5	0	24.1
J-170	3.2	12.5	17.8
J-171	2	0	30.5
J-172	5.2	0	10.9
J-173	1.2	0	22.7
J-174	4	0	19.8
J-175	4	0	26.7
J-176	3.6	0	42.3
J-177	4	4	27
J-178	4	0	19.9
J-179	2	0	23.3
J-180	2	49	23.3
J-181	2	0	26.5
J-182	1.7	0	24.7
J-183	4.8	0	23
J-184	4.9	0	23.2
J-185	1	103	6.5
J-186	2.2	44.1	5.9
J-187	5	0	29.5
J-188	4.8	0	4.4
J-189	2	0	35.3
J-190	2	0	38

<b>Junction ID</b>	<b>Elevation (m)</b>	<b>Demand (L/s)</b>	<b>Pressure (mH<sub>2</sub>O)</b>
J-191	4.8	64.1	20.8
J-192	2	38.1	23.7
J-193	2.5	0.9	30
J-194	3.4	-61.1	30.1
J-195	3.8	0	23.4
J-196	3.8	0	23.4
J-197	4	0	1.9
J-198	4	0	44.1
J-199	5	1	11.2
J-200	2.5	42.3	12.2
J-201	1.3	0	24.2
J-202	1.3	63.9	23.3
J-203	4.4	0	21.7
J-204	3.5	1.2	22.7
J-205	0	0	28.3
J-206	1.5	41.9	4.3
J-207	1.4	0	13.2
J-208	1.4	0	6.5
J-209	1	26.8	8.8
J-210	4	0	66
J-211	9	0	49.1
J-212	6	0	64
J-213	4	0	66
J-214	4	0	66
J-215	4	0	66
J-216	4	0	66
J-217	4	0	66
J-218	4	0	66
J-219	4	0	66
J-220	4	0	66
J-221	4	0	66
J-222	0	0	37.3

<b>Junction ID</b>	<b>Elevation (m)</b>	<b>Demand (L/s)</b>	<b>Pressure (mH<sub>2</sub>O)</b>
J-223	4	0	51.6
J-224	4	0	42.9
J-225	15	0	33.5
J-226	4	0	51.6
J-227	4	0	51.6
J-228	2	0	24
J-229	2	0	30.8
J-230	2	0	32
J-231	1	0	22.9
J-232	1.4	0	22.5
J-233	1.1	0	28.9
J-234	0	0	25.8
J-235	4.3	0	11.8
J-236	2.1	0	30.4
J-237	2	0	31.7
J-238	2	0	30.3
J-239	1.4	0	26.2
J-240	1.6	0	25.4
J-241	2.5	-550.4	14.4
J-242	3.2	0	12.8
J-243	1.4	0	13
J-244	0	0	28.2
J-245	0	0	24.2
J-246	0	0	24
J-247	0	8.8	23.9
J-248	-1	8	24.9
J-249	0	0	24
J-250	0	0	24
J-251	0	0.2	28.3
J-252	0	0	26.2
J-253	0	0	24.5
J-254	0	0	27.2



<b>Junction ID</b>	<b>Elevation (m)</b>	<b>Demand (L/s)</b>	<b>Pressure (mH<sub>2</sub>O)</b>
J-255	0	44.6	28.7
J-256	0	6	24
J-257	2.1	0	26.9
J-258	1.7	0	24.3
J-259	4.2	0	65.8
J-260	2	45.3	23.7
J-261	2.2	0	31.6
J-262	2.1	0	6.8
J-263	1.5	69.1	12.1
J-264	1.6	0	7.3
J-265	1.6	0	7.3
J-266	1.4	0	7.5
J-267	1.6	0	7.3
J-268	-5	0	20
J-269	3.1	0	13.1
J-270	2	16.8	10
J-271	3.2	-7.4	8.8
J-272	2	0	10.7
J-273	3.2	0	8.6
J-274	3	0	8.6
J-275	3.2	-7.7	8.6
J-276	3	0	10.1
J-277	2	0.1	11.1
J-278	0	0	31.7
J-279	1.2	0	29.9
J-280	1.3	0	29.7
J-281	1.4	0	29.3
J-282	1.4	48	29
J-283	2.1	0	23.7
J-284	0	0	25.8
J-285	1	0	29.5
J-286	0	0	32.5

<b>Junction ID</b>	<b>Elevation (m)</b>	<b>Demand (L/s)</b>	<b>Pressure (mH<sub>2</sub>O)</b>
J-287	3.5	0	29
J-288	2.5	0	30.3
J-289	2.5	0	19.1
J-290	2.6	0	19.6
J-291	2.4	0	30.3
J-292	2	0	30.3
J-293	2.6	0	29.7
J-294	0	0	32.3
J-295	1.9	0	25.6
J-296	1.7	0	26.3
J-297	1.4	0	26.5
J-298	1.4	0	27.3
J-299	0.3	3.2	25.4
J-300	-1	43.8	26.7
J-301	0	0	23.8
J-302	0	0	24.3
J-303	1.2	0	22.8
J-304	1.3	0	22.7
J-305	1.5	0	22.5
J-306	1.3	0	22.6
J-307	1.3	0	22.6
J-308	0	0	32.1
J-309	0	0	31.9
J-310	4	4	27.8
J-311	3.6	0	29.1
J-312	3.4	0	28.5
J-313	1.8	0	23
J-314	1.8	0	22.9
J-315	2.2	13.7	9.5
J-316	2.3	4	13.3
J-317	1.6	0	7.5
J-318	1.8	210.3	11.8

<b>Junction ID</b>	<b>Elevation (m)</b>	<b>Demand (L/s)</b>	<b>Pressure (mH<sub>2</sub>O)</b>
J-319	1.2	579.9	25.2
J-320	2.1	0	30.4
J-321	3.2	21.8	30.7
J-322	0	20.5	23.7
J-323	0	0	24.1
J-324	2	0	25.9
J-325	0	0.6	27.7
J-326	5.1	16.3	11
J-327	3.2	-14.4	29.4
J-328	1.5	0	27.2
J-329	4	0	51.6
J-330	4	0	51.6
J-331	0	0	46.2
J-332	4	0	41.8
J-333	0	0	45.2
J-334	0	0	44
J-335	3.5	0	42.4
J-336	4	0	41.9
J-337	4	0	44.4
J-338	3.5	278.7	44.9
J-339	0	0	44
J-340	3	0	41
J-341	4	0	42.2
J-342	4	0	51.6
J-343	0	0	47.1
J-344	0	0	47.2
J-345	0	0	37
J-346	0	278.3	36.6
J-347	4	0	1.9
J-348	3.6	0	42.3
J-349	3.8	0	51.1
J-350	0	0	54.3

<b>Junction ID</b>	<b>Elevation (m)</b>	<b>Demand (L/s)</b>	<b>Pressure (mH<sub>2</sub>O)</b>
J-351	0	0	33.8
J-352	3	0	37.7
J-353	3.5	132.9	42.3
J-354	0	0	40.4
J-355	4	0	50.3
J-356	0	0	54.3
J-357	4	0	50.3
J-358	0	0	53.8
J-359	4.5	0	48.1
J-360	0	0	55.5
J-361	0	0	55.6
J-362	4	40.5	51.6
J-363	0	0	47.3
J-364	0	0	54.3
J-365	2.8	0	34.5
J-366	0	99.4	7.4
J-367	2	0	30.4
J-368	1.9	0	25.6
J-369	0.7	0	25
J-370	1.3	0	23.9
J-371	0.8	0	23.1
J-372	5.7	0	10.4
J-373	5	0	11.2
J-374	0	0	25.5

Tabel C.3 Hasil Komputasi Reservoir Jaringan Distribusi Eksisting

<b>Reservoir ID</b>	<b>Is Active?</b>	<b>Elevation (m)</b>	<b>Flow Out (L/s)</b>	<b>Hydraulic Grade (m)</b>
R-Ngagel 1 (1)	TRUE	3	422.7	2.9
R-Ngagel 1 (2)	TRUE	6	813.5	6
R-Ngagel 2	TRUE	2.5	83.9	2.5
R-Ngagel 3	TRUE	3.6	434.9	3.5

**Tabel C.4 Hasil Komputasi Katup Jaringan Distribusi Eksisting**

<b>Valve ID</b>	<b>Status</b>	<b>Elevation (m)</b>	<b>Diameter (mm)</b>	<b>Hydraulic Grade From (m)</b>	<b>Hydraulic Grade To (m)</b>
TCV-1	Active	0	800	14.5	14.6
TCV-2	Active	1.1	900	27.1	27.1
TCV-3	Active	1	500	28.1	28.3
TCV-4	Closed	1.5	450	28	32.6
TCV-5	Closed	2	800	25.9	26.1
TCV-6	Active	1	400	15.7	15.7
TCV-7	Active	1.4	500	28.1	28.1
TCV-8	Active	1.8	450	9.1	9.1
TCV-9	Closed	1.8	450	16.5	9.2
TCV-10	Closed	5	300	33.1	34.1
TCV-11	Active	2	300	26.1	26.1
TCV-12	Active	3.3	450	14.8	14.8
TCV-13	Closed	1.8	450	25.8	9.2
TCV-14	Closed	0	200	23.7	24.2
TCV-15	Active	1.5	250	5.9	5.9
TCV-16	Closed	4	800	46.3	55.7
TCV-17	Closed	3	600	70.2	44.1
TCV-18	Active	3	450	44.1	44.1
TCV-19	Closed	4	600	46.3	55.7
TCV-20	Closed	3	300	46	6
TCV-21	Closed	4	600	40.5	45.3
TCV-22	Closed	4	250	47.3	54.5
TCV-23	Closed	4.6	250	6	55.1
TCV-24	Active	3.1	200	8.9	8.9
TCV-25	Active	6	400	16.1	16.1
PRV-1	Active	3	900	70.2	26.1

Tabel C.5 Hasil Komputasi Pompa Jaringan Distribusi Eksisting

Pump ID	Pump Definition	Status	Elevation (m)	Hydraulic Grade Suction (m)	Hydraulic Grade Discharge (m)	Pump Head (m)
N3-Gr2 (1)	128: Torishima/KSB_ETA_150x40	On	4	3.4	58.4	50
N3-Gr2 (2)	128: Torishima/KSB_ETA_150x40	On	4	3.4	58.4	50
N3-Gr2 (3)	128: Torishima/KSB_ETA_150x40	On	4	3.4	58.4	50
N1-S.Bawah (1)	140: KSB_RDL_250x400A	On	0	2.9	39.7	40
N1-S.Bawah (2)	140: KSB_RDL_250x400A	Off	0	2.9	37.4	40
N1-S.Bawah (3)	140: KSB_RDL_250x400A	Off	0	2.9	37.4	40
N1-S.Atas (2)	143: Torishima_ETA_126x40	On	0	2.9	43.9	40
N1-S.Atas (3)	143: Torishima_ETA_126x40	Off	0	2.9	43.3	40
N1-S.Atas (1)	143: Torishima_ETA_126x40	On	0	2.9	43.9	40
N2-Kota (5)	182: Jeumont/Schneider_FB34 or Moret_CNP_30x40	On	4	2.5	55.8	40
N2-Kota (3)	182: Jeumont/Schneider_FB34 or Moret_CNP_30x40	On	4	2.5	55.7	40
N2-Kota (1)	182: Jeumont/Schneider_FB34 or Moret_CNP_30x40	Off	4	2.5	55.7	40
N1-SE (1)	143: Torishima_ETA_126x40	Off	4	6	6	40
N1-SE (2)	143: Torishima_ETA_126x40	Off	4	6	6	40
N1-SE (3)	143: Torishima_ETA_126x40	Off	4	6	6	40
N1-Sel (1)	192: KSB_SH300x400	On	4	5.9	53.1	40
N1-Sel (2)	192: KSB_SH300x400	Off	4	6	48.3	40

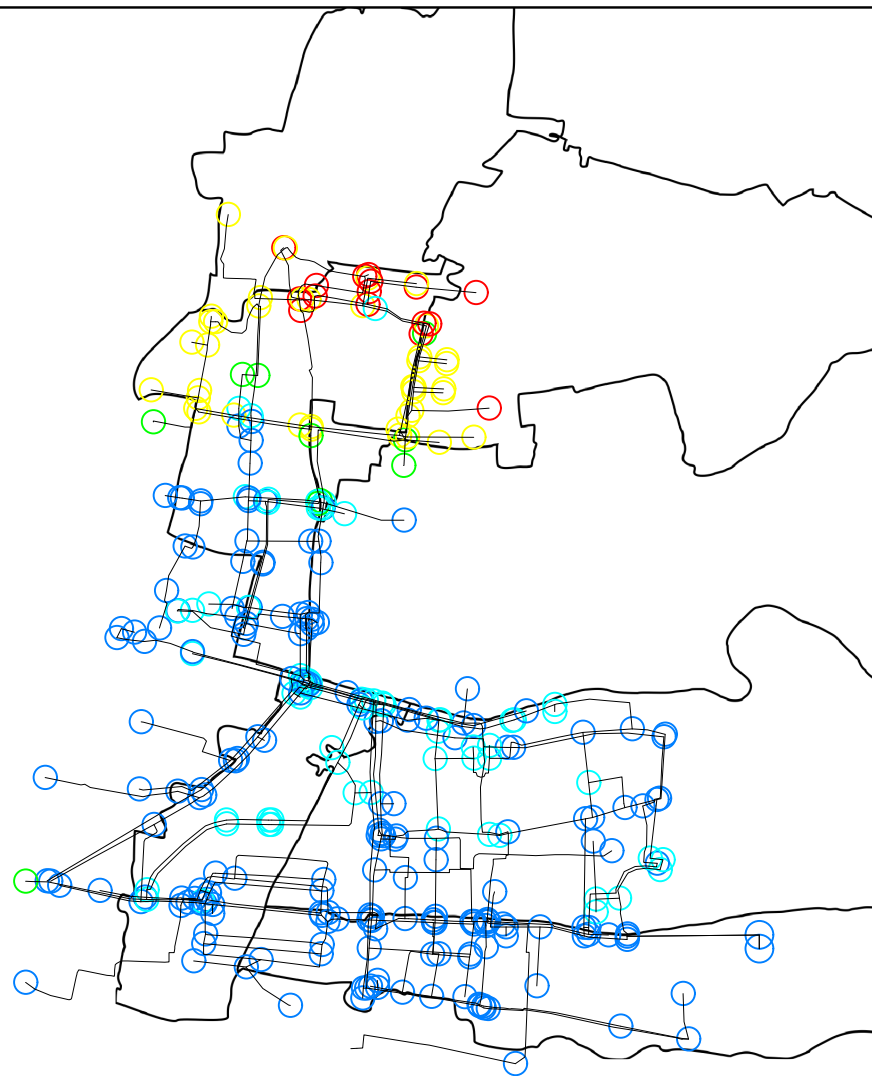
Pump ID	Pump Definition	Status	Elevation (m)	Hydraulic Grade Suction (m)	Hydraulic Grade Discharge (m)	Pump Head (m)
N1-Wonokitri (1)	171: Torishima_CMD_400x300	On	4	5.8	49.5	40
N1-Wonokitri (2)	189: Ingersroll.Rand_1250-1	Off	4	6	47	28
N1-Wonokitri (3)	189: Ingersroll.Rand_1250-1	Off	4	6	47	28
N1-Kota (3)	189: Ingersroll.Rand_1250-1	Off	4	6	48.5	28
N1-Kota (2)	189: Ingersroll.Rand_1250-1	Off	4	6	48.5	28
N1-Kota (1)	171: Torishima_CMD_400x300	On	4	5.9	50.7	40
N2-Kota (2)	182: Jeumont/Schneider_FB34 or Moret_CNP_30x40	On	4	2.5	55.7	40
N2-Kota (4)	182: Jeumont/Schneider_FB34 or Moret_CNP_30x40	Off	4	2.5	55.7	40
N2-Kota (6)	182: Jeumont/Schneider_FB34 or Moret_CNP_30x40	On	4	2.5	55.8	40
N3 (1)	214: KSB_SH350x290	On	4	3.5	70.2	50
N3 (2)	214: KSB_SH350x290	On	4	3.5	70.2	50
N3 (3)	131: Ingersroll.Rand_10x14SD	Off	4	3.5	70.2	40
N3 (4)	131: Ingersroll.Rand_10x14SD	Off	4	3.5	70.2	40
N3 (5)	131: Ingersroll.Rand_10x14SD	On	4	3.5	56.9	40
N3 (6)	131: Ingersroll.Rand_10x14SD	On	4	3.5	56.9	40
N3 (7)	131: Ingersroll.Rand_10x14SD	On	4	3.5	56.9	40
N3 (8)	131: Ingersroll.Rand_10x14SD	On	4	3.5	56.9	40

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

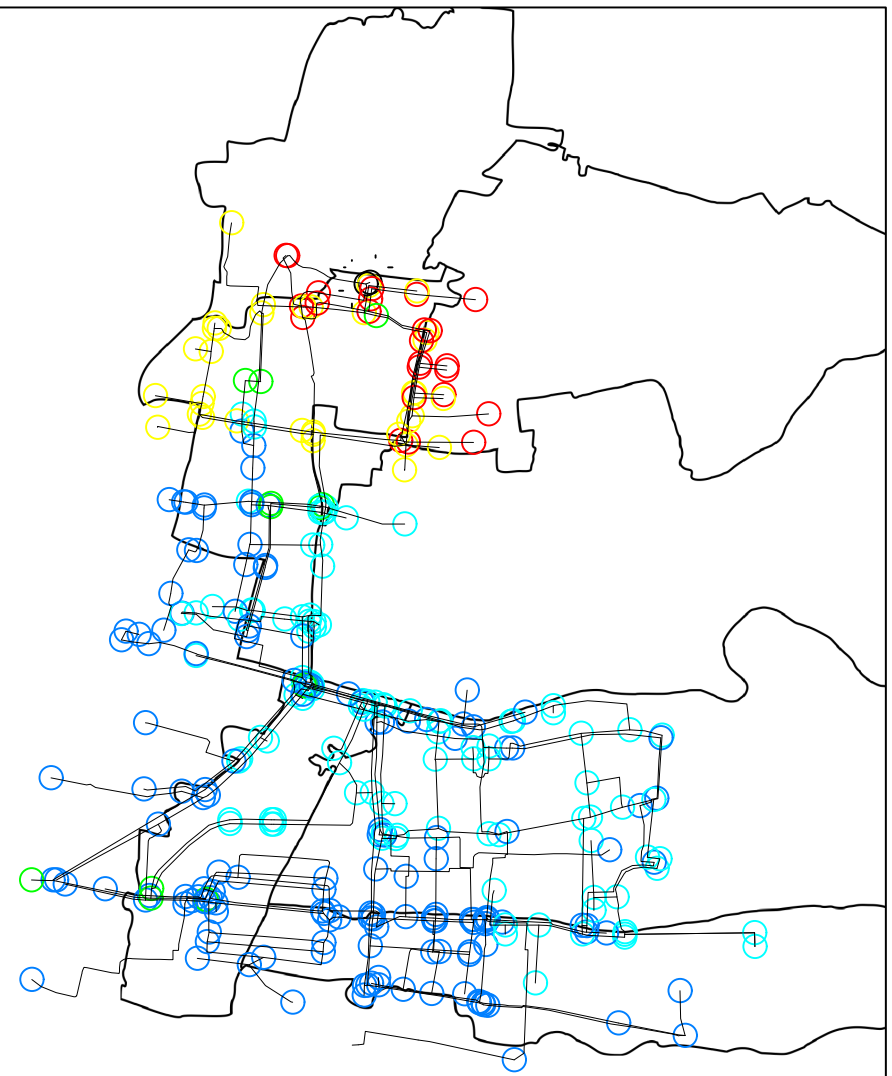


## **Lampiran D:** Hasil Simulasi Jaringan Distribusi Proyeksi

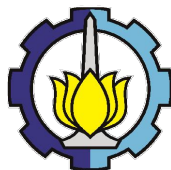
**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



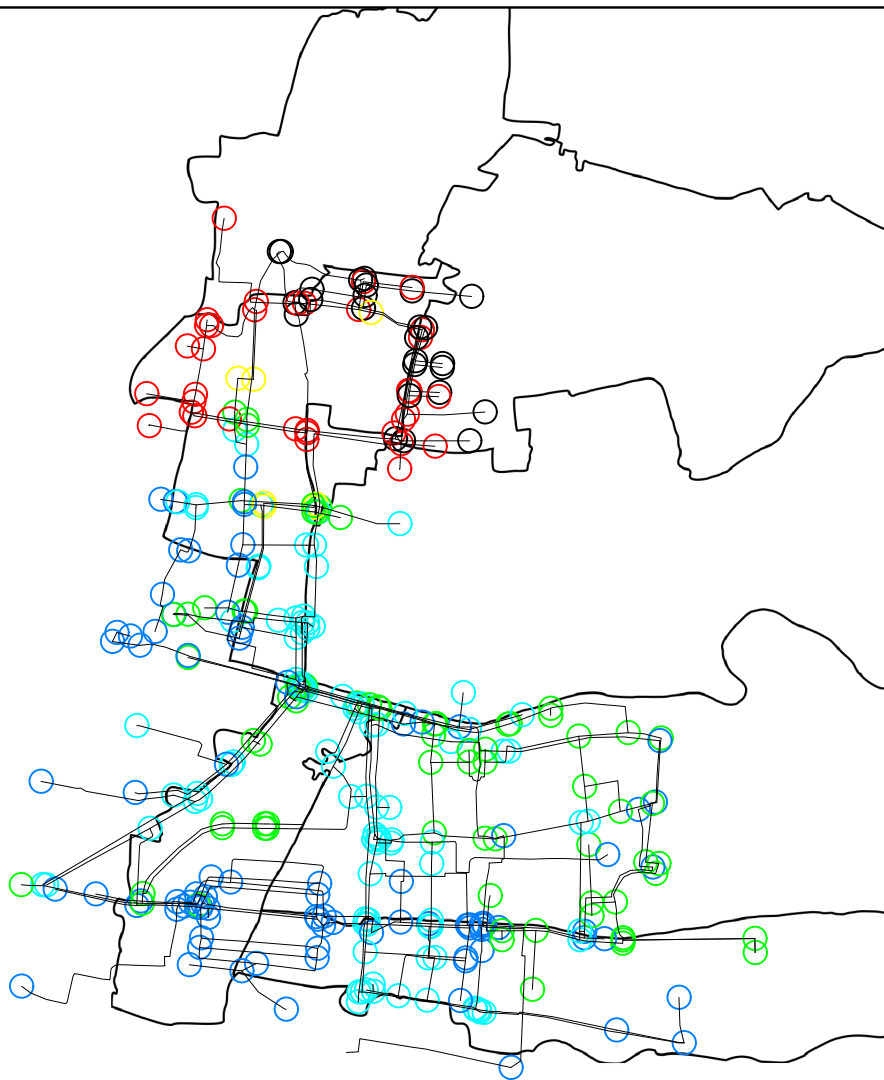
2018



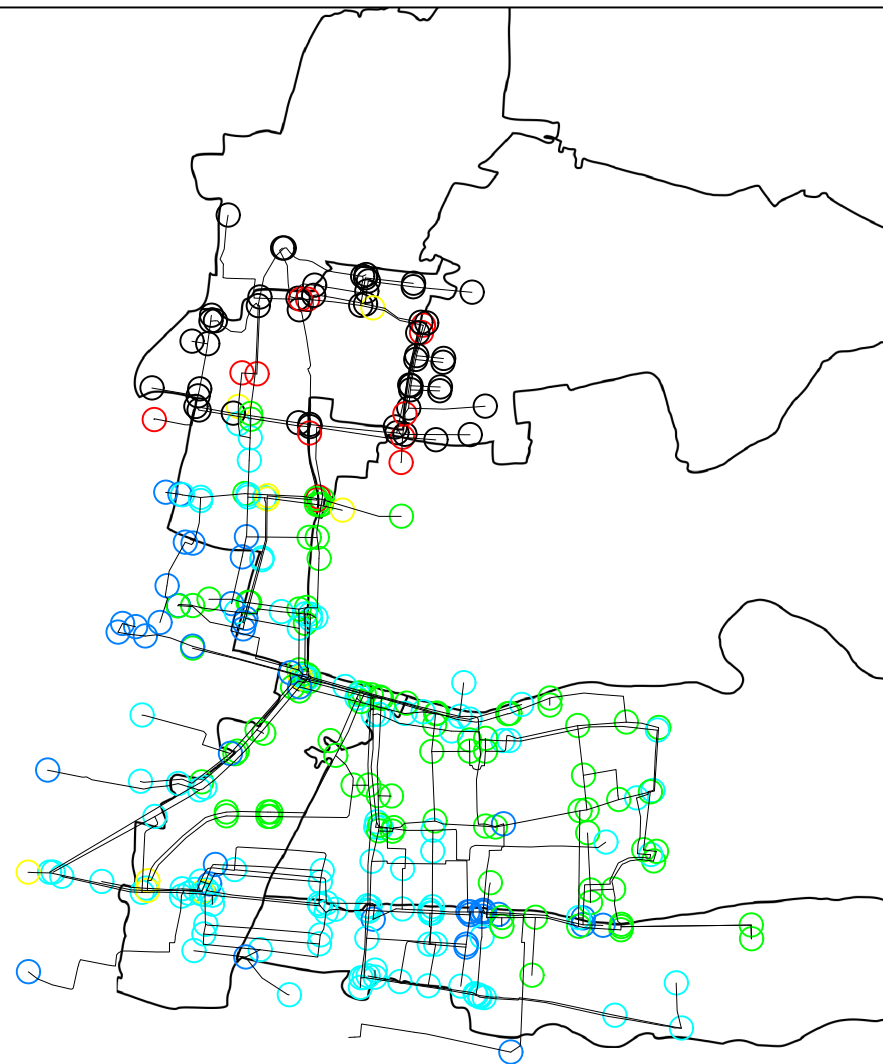
2019



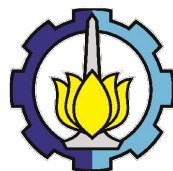
JUDUL GAMBAR	JUDUL TUGAS AKHIR	LEGENDA			SUMBER	NO. GAMBAR	HALAMAN
Hasil Simulasi Jaringan Distribusi Proyeksi Tahun 2018 & 2019	Analisis Peningkatan Kebutuhan Air Minum Akibat Pertumbuhan Gedung High-rise di Surabaya Timur terhadap Jaringan Distribusi PDAM Surabaya	Color Coding Legend Junction: Pressure (m H2O)	<div><div></div> ≤ 0.0</div> <div><div></div> ≤ 5.0</div> <div><div></div> ≤ 10.0</div> <div><div></div> ≤ 15.0</div> <div><div></div> ≤ 20.0</div> <div><div></div> Other</div>		Hasil Simulasi Program WaterCAD	D.1	135
NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING					SKALA	
Andre Rhemi Rihendy 03211440000098	Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D.					Tanpa Skala	



2020



2021



**JUDUL GAMBAR**  
Hasil Simulasi Jaringan  
Distribusi Proyeksi Tahun  
2020 & 2021

**NAMA MAHASISWA**

Andre Rhemi Rihendy  
03211440000098

**JUDUL TUGAS AKHIR**

Analisis Peningkatan Kebutuhan Air Minum Akibat Pertumbuhan  
Gedung High-rise di Surabaya Timur terhadap Jaringan Distribusi  
PDAM Surabaya

**DOSEN PEMBIMBING**

Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D.

**Color  
Coding  
Legend  
Junction:  
Pressure  
(m H2O)**

● ≤ 0.0  
● 5.0  
● 10.0  
● 15.0  
● 20.0  
● Other

**LEGENDA**

**SUMBER**

Hasil Simulasi Program  
WaterCAD

**NO. GAMBAR**

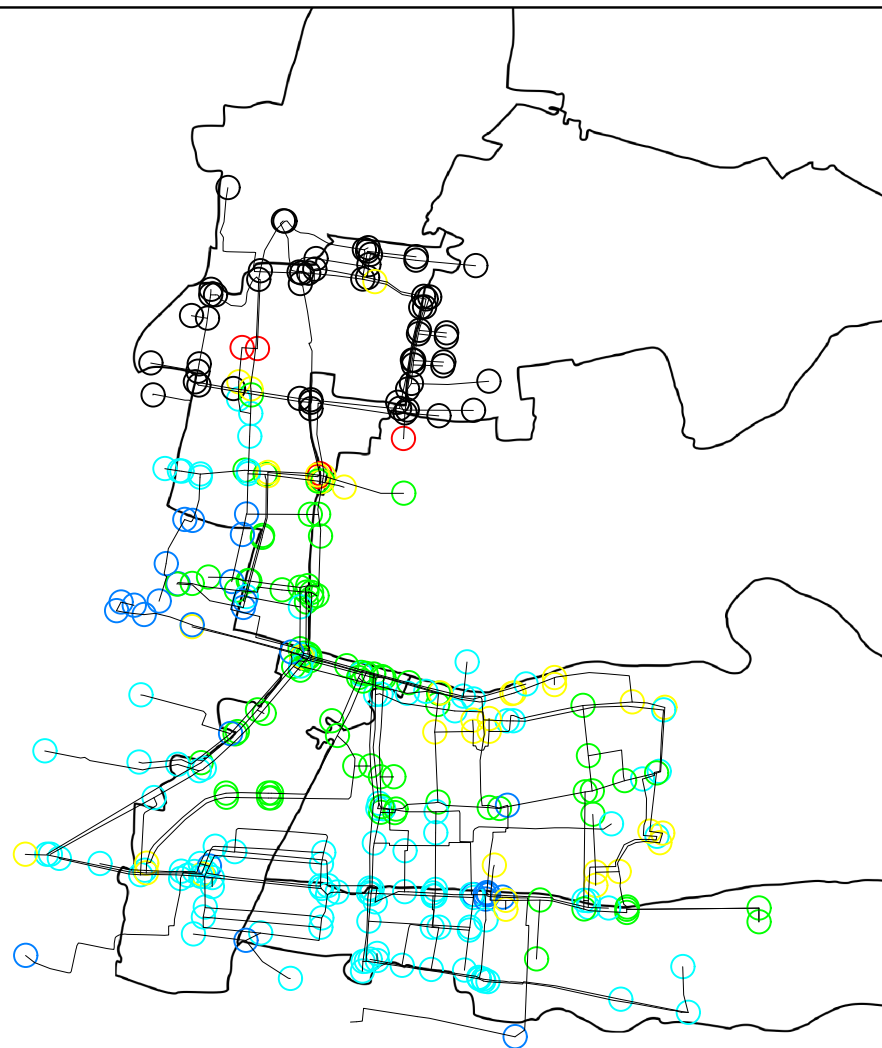
**D.2**

**HALAMAN**

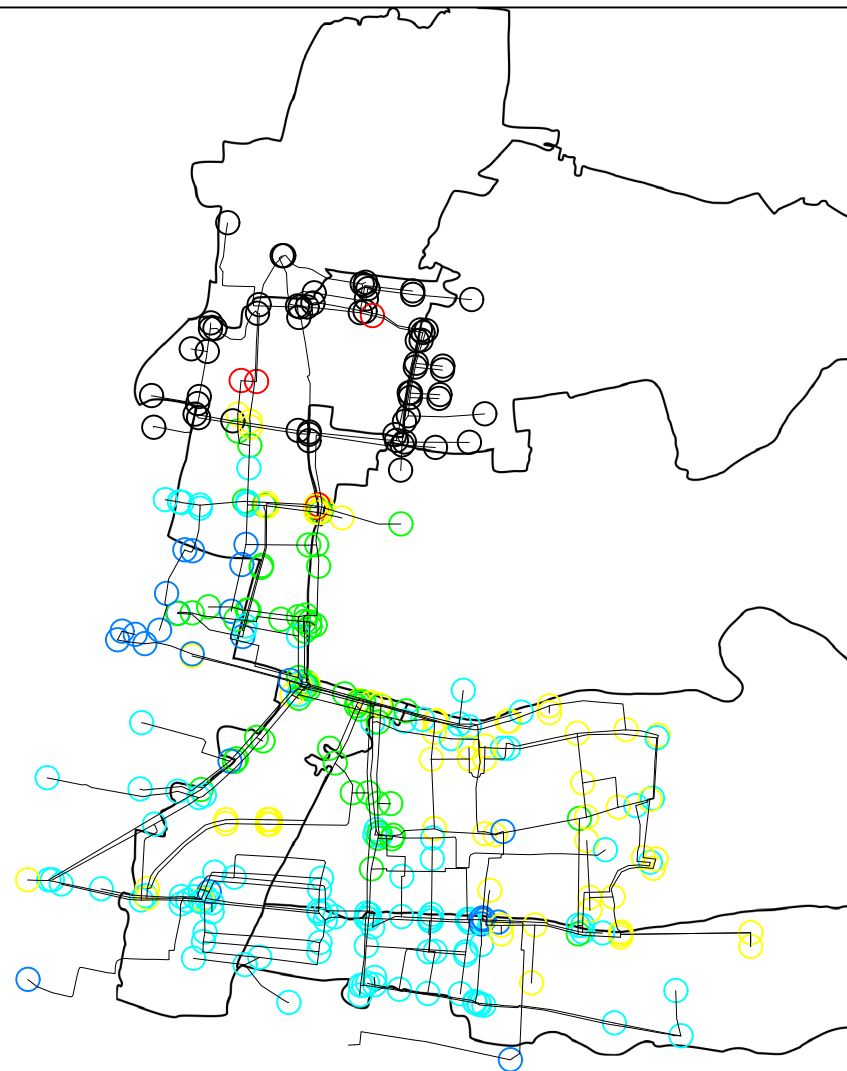
**137**

**SKALA**

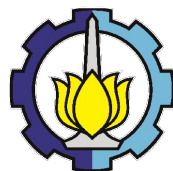
Tanpa Skala



2022



2023



**JUDUL GAMBAR**  
Hasil Simulasi Jaringan  
Distribusi Proyeksi Tahun  
2022 & 2023

**NAMA MAHASISWA**

Andre Rhemi Rihendy  
03211440000098

**JUDUL TUGAS AKHIR**

Analisis Peningkatan Kebutuhan Air Minum Akibat Pertumbuhan  
Gedung High-rise di Surabaya Timur terhadap Jaringan Distribusi  
PDAM Surabaya

**DOSEN PEMBIMBING**

Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D.

**Color  
Coding  
Legend  
Junction:  
Pressure  
(m H2O)**

● ≤ 0.0  
● ≤ 5.0  
● ≤ 10.0  
● ≤ 15.0  
● ≤ 20.0  
● Other

**LEGENDA**

**SUMBER**

Hasil Simulasi Program  
WaterCAD

**NO. GAMBAR**

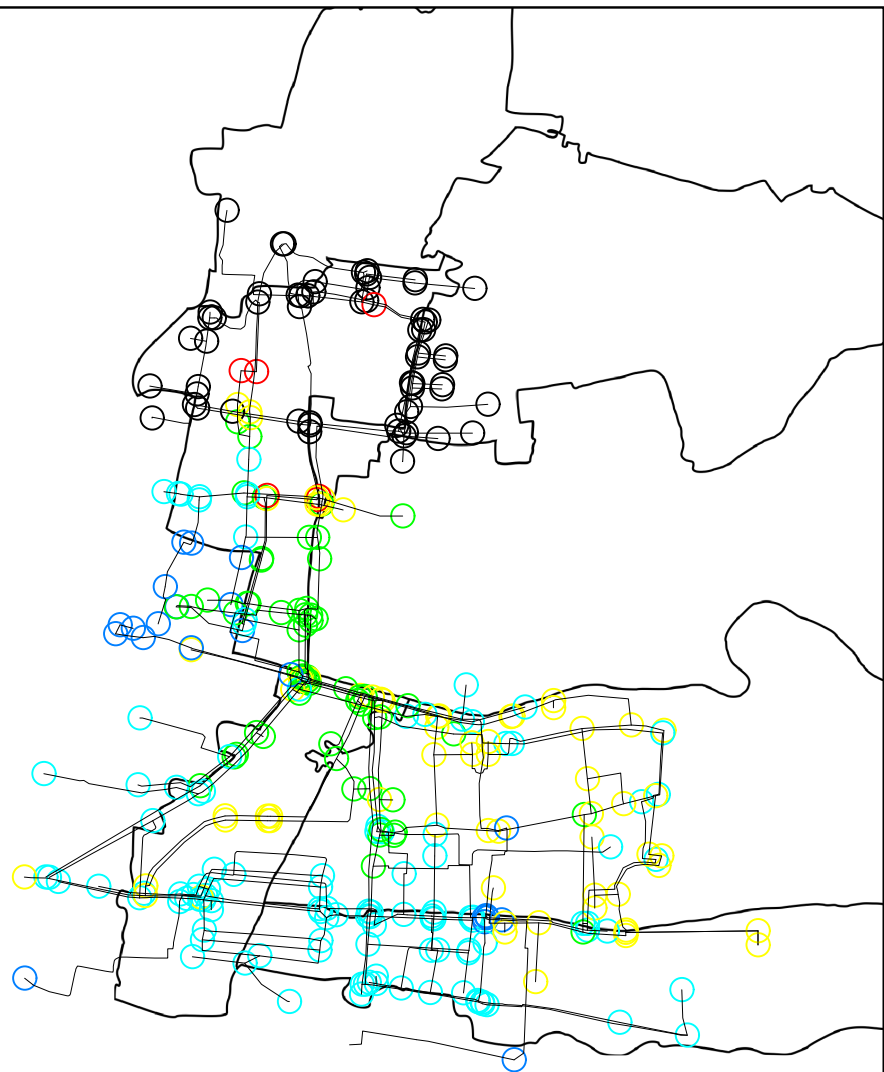
**D.3**

**HALAMAN**

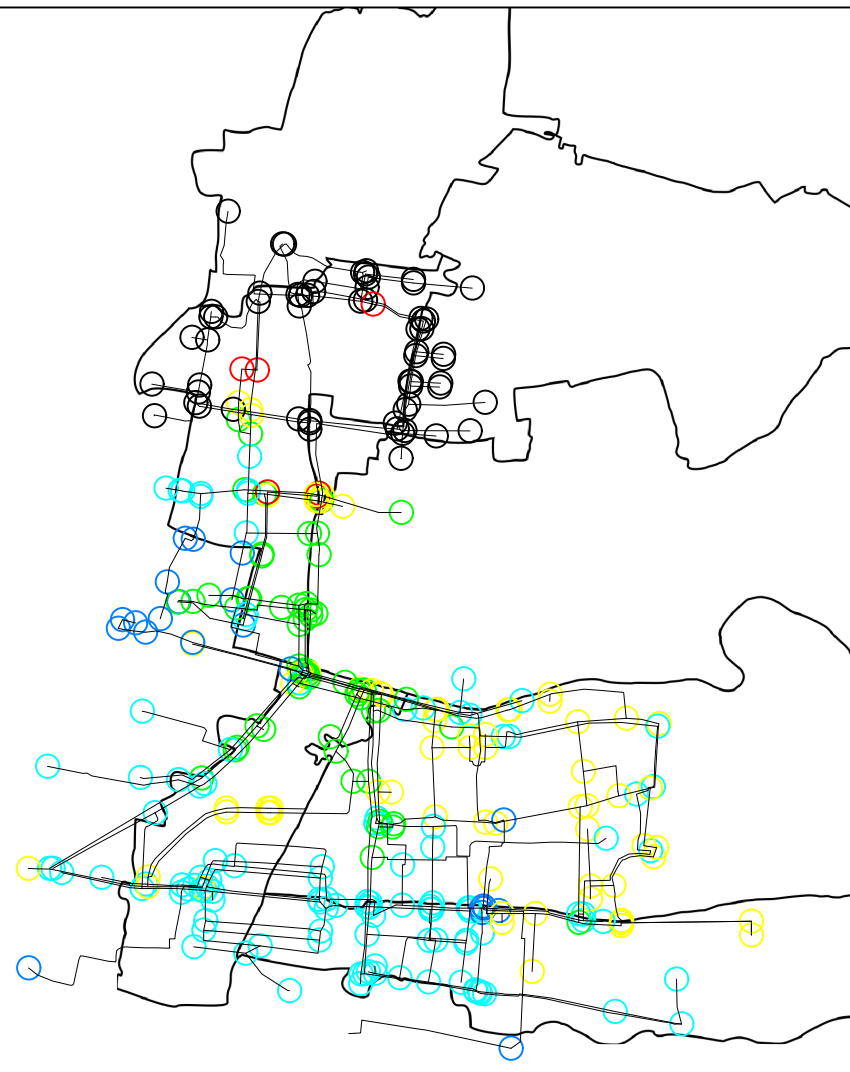
**139**

**SKALA**

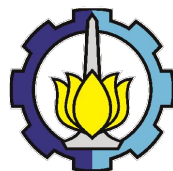
Tanpa Skala



2024



2025



**JUDUL GAMBAR**  
Hasil Simulasi Jaringan  
Distribusi Proyeksi Tahun  
2024 & 2025

**NAMA MAHASISWA**

Andre Rhemi Rihendy  
03211440000098

**JUDUL TUGAS AKHIR**

Analisis Peningkatan Kebutuhan Air Minum Akibat Pertumbuhan  
Gedung High-rise di Surabaya Timur terhadap Jaringan Distribusi  
PDAM Surabaya

**DOSEN PEMBIMBING**

Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D.

**Color  
Coding  
Legend  
Junction:  
Pressure  
(m H2O)**

● ≤ 0.0  
● ≤ 5.0  
● ≤ 10.0  
● ≤ 15.0  
● ≤ 20.0  
● Other

**LEGENDA**

**SUMBER**

Hasil Simulasi Program  
WaterCAD

**NO. GAMBAR**

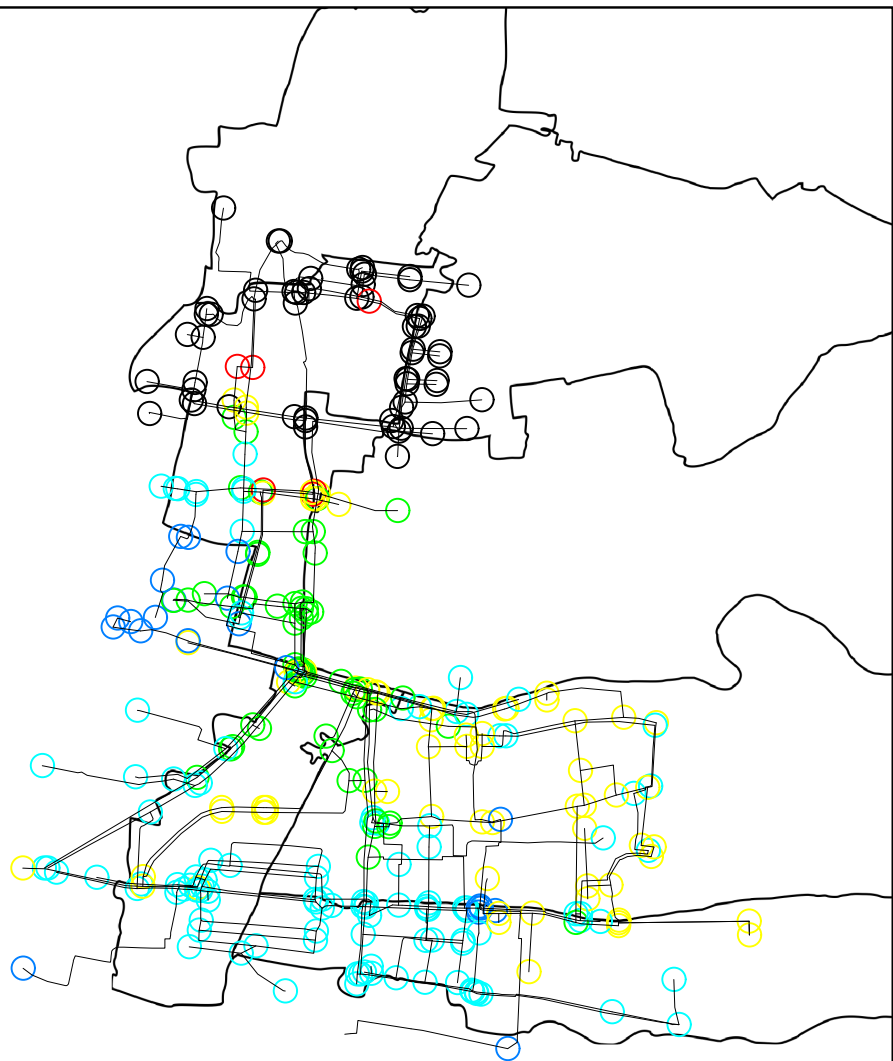
**D.4**

**HALAMAN**

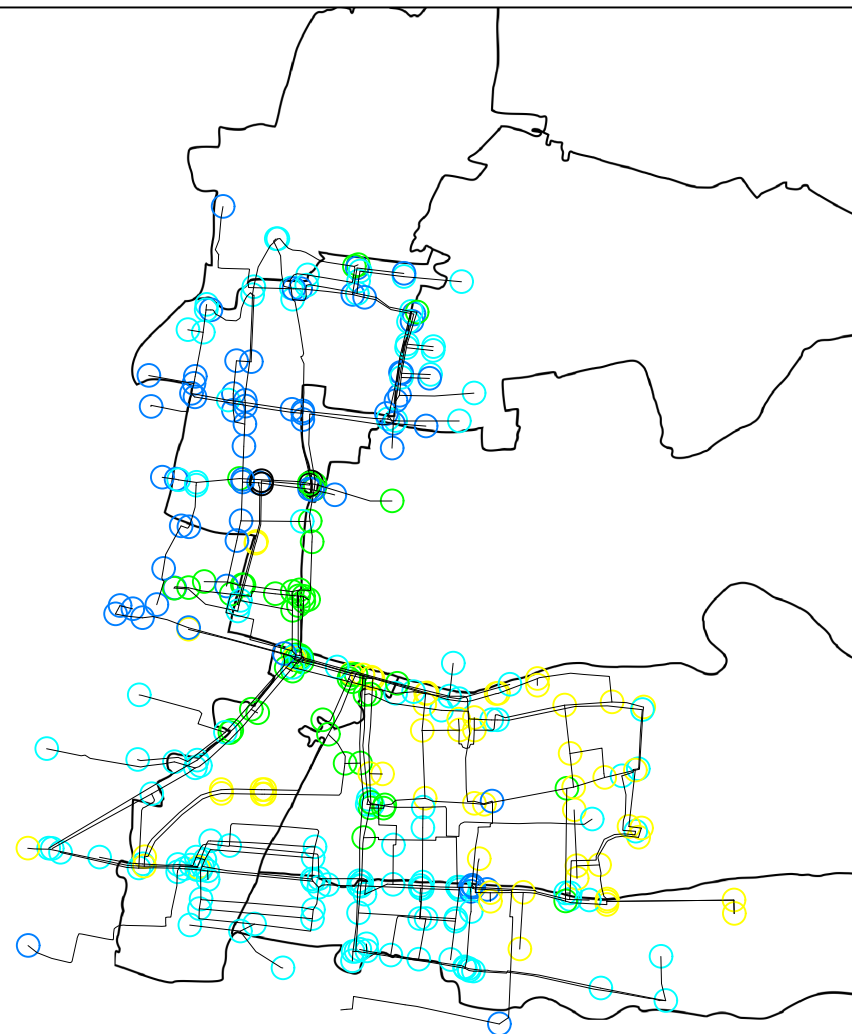
**141**

**SKALA**

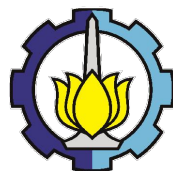
Tanpa Skala



2025 Awal



2025 +Pompa



#### JUDUL GAMBAR

Hasil Simulasi Jaringan Distribusi  
Proyeksi Tahun 2025 Sebelum dan  
Setelah Penambahan Pompa

#### NAMA MAHASISWA

Andre Rhemi Rihendy  
03211440000098

#### JUDUL TUGAS AKHIR

Analisis Peningkatan Kebutuhan Air Minum Akibat Pertumbuhan  
Gedung High-rise di Surabaya Timur terhadap Jaringan Distribusi  
PDAM Surabaya

#### DOSEN PEMBIMBING

Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D.

Color  
Coding  
Legend  
Junction:  
Pressure  
(m H2O)

● ≤ 0.0  
● ≤ 5.0  
● ≤ 10.0  
● ≤ 15.0  
● ≤ 20.0  
● Other

#### LEGENDA

#### SUMBER

Hasil Simulasi Program  
WaterCAD

#### NO. GAMBAR

D.5

#### HALAMAN

143

#### SKALA

Tanpa Skala



## BIOGRAFI PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Andre Rhemi Rihendy lahir di Pekanbaru, 11 September 1995. Penulis mengenyam pendidikan dasar pada tahun 2002-2006 serta tahun 2007-2008 di SDIT Al-Ittihad Rumbai dan tahun 2006-2007 di Twin Creek Elementary School San Ramon dan Iron Horse Middle School San Ramon. Kemudian dilanjutkan di SMPIT Al-Ittihad Rumbai pada tahun 2008-2010 dan SMP Al-Azhar 3 Bintaro pada tahun 2010-2011, dilanjutkan dengan pendidikan sekolah menengah atas di SMA Al-Azhar BSD pada tahun 2011-2014. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2014. Penulis terdaftar di ITS dengan NRP 03211440000098.

Selama perkuliahan, penulis aktif sebagai pengurus Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) dan anggota Kelompok Pecinta dan Pemerhati Lingkungan (KPPL). Selain itu, penulis juga aktif sebagai panitia dalam berbagai kegiatan HMTL, Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Fakultas dan BEM Institut. Berbagai pelatihan dan seminar juga telah diikuti mengenai keprofesian dan pengembangan diri. Penulis juga memiliki pengalaman Kerja Praktik (KP) pada divisi Facility Engineering di PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI). Penulis dapat dihubungi via email [andre\\_weintre@outlook.com](mailto:andre_weintre@outlook.com).





UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR  
Periode: Gasal 2018-2019

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)  
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02  
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing  
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 7 Januari 2019  
Pukul : 07.30  
Lokasi : 104  
Judul : Analisis Peningkatan Kebutuhan Air Bersih Akibat Pertumbuhan Gedung High-rise di Kecamatan Gubeng, Tenggilis Mejoyo, Rungkut dan Gunung Anyar  
Nama : Andre Rhendi Rihendy  
NRP. : 03211440000098  
Topik : Perencanaan

Nilai TOEFL 597

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1.	Lihat di buku ujian.
2	

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana  
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing  
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Nama Dosen Pembimbing

Adhi Yoniarto, Ph.D.



KTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)

Periode: Gasal 2018/2019

No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-02

Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing  
Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Hari, tanggal : Kamis 29-Nov-18

Nilai TOEFL 597

Pukul : 13.00 - 14.00

Lokasi : Ruang Sidang

Judul : Analisis Peningkatan Kebutuhan Air Bersih Akibat Pertumbuhan Gedung *High-rise* di Kecamatan Gubeng, Tenggilis Mejoyo, Rungkut dan Gunung Anyar

Nama : Andre Rhemi Rihendy

NRP. : 03211440000098

Topik : Perencanaan

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir
	<p>- Setiap gambar dan tabel diberi pembahasan</p> <p>- <del>atribusi</del> sistem distribusi <del>existing</del> PAM.</p> <p>- Sistem penyediaan PAM di apartemen.</p> <p>- Asumsi = <del>daerah</del> diperkaya</p> <p>- gambar = di buat AB (kontan yang penting)</p> <p>Z</p>

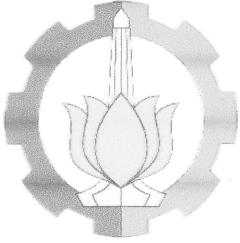
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana  
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing  
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir
2. Tidak dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Adhi Yuniarto, ST., MT., PhD.



**KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : ANDRE RHEMI RIHENDY

NRP : 03211440000098

Judul : Analisis Peningkatan Kebutuhan Air Minum akibat  
Pertumbuhan Gedung High-rise di Surabaya Timur  
terhadap Jaringan Distribusi PDAM Surabaya.

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1.	12/09/2018	- Data primer dan sekunder yang dibutuhkan - Gambaran perencanaan	
2.	01/11/2018	- Hasil pengumpulan data primer dan sekunder - Lokasi gedung <i>high-rise</i> - Perhitungan kebutuhan air - Model perencanaan WaterCAD	
3.	12/11/2018	- Model perencanaan WaterCAD - Skenario WaterCAD	
4.	13/11/2018	- Hasil simulasi jaringan distribusi WaterCAD - Tekanan air pada <i>junction</i>	
5.	23/11/2018	- Laporan kemajuan tugas akhir - Persiapan seminar kemajuan tugas akhir	
6.	17/12/2018	- Revisi laporan seminar kemajuan tugas akhir	
7.	28/12/2018	- Gambar hasil simulasi jaringan distribusi air minum dengan pengaruh gedung <i>high-rise</i>	
8.	02/01/2019	- Revisi laporan tugas akhir - Persiapan sidang lisan tugas akhir	

Surabaya, 02 Januari 2019  
Dosen Pembimbing,

Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D.

